

## Die neue Ferdinandsbrücke in Graz.

Mitgetheilt von Prof. J. E. Brik.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 8—12.)

An Stelle der alten Ferdinands-Kettenbrücke in Graz überspannt jetzt eine im August 1882 vollendete neue, in constructiver Beziehung interessante Eisenbrücke den Murfluss.

Die Eisenconstruction für die Uebersetzung der Hauptöffnung dieser Brücke ist nämlich nach einem neuen Constructionssysteme: einer „Combination des Bogenträgers mit versteifendem Fachwerkbalken“ erbaut.

Obwohl derartige Trägersysteme schon wiederholt als Projecte und in theoretischer Hinsicht behandelt wurden, wie von J. Langer in dessen Werk: „Die Eisenconstructionen für Brücken und Dachstühle“, Wien 1862, dann von Prof. Ritter in der „Zeitschrift für Bauwesen“ 1877\*) und neuestens von Th. Hoesch im „Civilingenieur“ (2. und 3. Heft von 1882), so ist dennoch von einer praktischen Durchführung dieser Constructionen bisher nirgends Mittheilung gemacht worden.

Die obgenannte Brückenconstruction, welche von der vortheilhaft bekannten Firma J. Körösi in Graz erbaut wurde, erscheint demnach als ein Novum,\*\*) das als solches und vermöge der Originalität seiner Detaildurchbildung die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf sich zu ziehen im hohen Grade geeignet ist.

Dem Verfasser dieser Mittheilung sind von dem Director der genannten Firma, Herrn Otto Fontane sämtliche Constructionspläne, die theoretische Entwicklung der statischen Verhältnisse, die Berechnung der Constructionsdetails, und andere wünschenswerthe Angaben in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt worden, und derselbe unterzieht sich der Aufgabe, dieses interessante Bauwerk in unserer Zeitschrift zu beschreiben, um so lieber, als es ein neues und hervorragendes Werk einheimischen Schaffens betrifft, das regen Fortschritt bekundet.

### 1. Lage und Anordnung der Brücke.

Eingangs wurde bereits bemerkt, dass die neue Brücke an Ort und Stelle der bis dahin bestandenen Ferdinands-Kettenbrücke erbaut ist. An diesem Orte ist das Flussbett der Mur etwa 100<sup>m</sup> breit; dasselbe soll jedoch bei der

\*) Prof. Ritter behandelt in der genannten Abhandlung einen gegen feste Widerlager gestützten und durch einen Balkenträger versteiften Bogen, wogegen das bei der Ferdinands-Brücke angewendete System dem Versteifungsbalken zugleich die Aufnahme des horizontalen Bogenschubes zuweist.

\*\*) In dem oben citirten beachtenswerthen Aufsätze des Herrn Hoesch findet man nebst einer theoretischen Behandlung derartiger Trägersysteme auch verschiedene Projectskizzen für deren Construction angegeben. Zur Zeit, als jener Aufsatz erschien, war jedoch der Bau der neuen Ferdinandsbrücke schon weit vorgeschritten und es ist am Platze, dies zu constatiren, um den Erbauern die Originalität ihrer Construction zu wahren.

durchzuführenden Regulirung des Flusses auf ca. 60<sup>m</sup> eingeeengt werden, worauf bei der Disposition der neuen Brücke besonders Bedacht zu nehmen war.

Es wurde demgemäss die Anordnung so getroffen, dass der zukünftig regulirte Fluss mit nur einer Spannweite überbrückt sein wird, wodurch für den gegenwärtigen Zustand, neben jener durch die Regulierungslinien bestimmten grossen Oeffnung, noch beiderseits kleinere, der Grösse nach verschiedene Seitenöffnungen sich ergaben.

Die grosse Brückenöffnung erscheint demnach von Mittelpfeilern begrenzt, deren Entfernung von Mittel zu Mittel 67·804<sup>m</sup> beträgt; die Weiten der Seitenöffnungen zwischen den Achsen jener Mittelpfeiler und den Sockeln der alten Kettenbrückenpfeiler messen 10·112<sup>m</sup> beziehungsweise 21·625<sup>m</sup>.

Die Lage der Bahn ist horizontal und deren Niveau 6·95<sup>m</sup> — die Unterkante der Eisenconstruction 5·20<sup>m</sup> — über Nullwasser gelegen. Die Hochwasserlinie erreicht 4·10<sup>m</sup> über Null, so dass die Constructionen-Unterkante 1·1<sup>m</sup> über Hochwasser sich befindet.

Der Höhenunterschied zwischen dem Bahn-Niveau und der Constructionen-Unterkante — die „Constructionshöhe“ — beträgt sonach 1·75<sup>m</sup>.

Das Querprofil der Bahn entspricht einer Strassenfahrbahn von 8·00<sup>m</sup> und beiderseits derselben Fussgängerwegen von je 2·00<sup>m</sup> nutzbarer Breite.

Auf Blatt 8 ist die Ansicht und der Grundriss der Brücke dargestellt.

Der im gewalzten Schweisseisen ausgeführte genietete Ueberbau besteht aus je zwei — 8·680<sup>m</sup> von Mittel zu Mittel von einander entfernten — Hauptträgern für jede Brückenöffnung, dem Bahngérippe und der Plattform.

Die Hauptträger der grossen Oeffnung sind nach dem System des „Bogenträgers mit versteifendem Fachwerkbalken“, jene der Seitenöffnungen als Blechbez. Gitterbalken gestaltet.

Der Ueberbau der Seitenöffnungen wird gegenwärtig als Provisorium angesehen und kann nach Durchführung der Regulirung der im Rayon der Stadt Graz befindlichen Murflussstrecke, eventuell anderwärts in Verwendung kommen.

### 2. Die Brückenpfeiler.

Der Bau der beiden Mittelpfeiler wurde Seitens der Stadt Graz der Unternehmung Gebr. Klein, Schmoll & Gärtner übertragen. Diese Pfeiler erhielten die auf Blatt 8 dargestellten Ausmaasse und wurden nach der pneumatischen Methode mittels Caissons in bekannter Weise fundirt.

Die Versenkung des rechtsseitigen Caissons währte vom 20. October bis 26. November, jene des linksseitigen

vom 6. bis 29. December 1881, wobei die Schneide des ersteren in der Tiefe von 5·920<sup>m</sup> eine Schichte von blauem Thonschiefer, jene des letzteren in der Tiefe von 5·933<sup>m</sup> unter Null Kalkfelsen erreichte.

Die beiden der Form und Structur nach gleichartigen Mittelpfeiler sind aus mit Quadern verkleidetem Schichtenmauerwerk in hydraulischem Mörtel hergestellt.

Die Verkleidungsquadern, sowie die fünfte durchbindende und die unter den Auflagerquadern befindliche Schichte sind Kindberger Granit, das übrige Füllmauerwerk Neustifter Kalkstein.

Der Pfeilerbau wurde im Juli 1882 vollendet.

Die Pfeiler der alten Kettenbrücke konnten als Landpfeiler benützt werden, nachdem dieselben entsprechend adaptirt und für die Auflagerung der Hauptträger der Seitenöffnungen hergerichtet worden waren.

### 3. Beschreibung des Ueberbaues.

#### 1. Die Hauptbrücke.

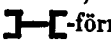
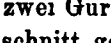
Die Hauptträger über der grossen Oeffnung haben eine Stützweite von 67·804<sup>m</sup>. Sie bestehen aus einem über diese Stützweite gespannten parabolischen Bogen und dem horizontalen die Bogenfüsse sehnensartig verbindenden Fachwerksbalken, welcher nebst dem mittelst verticaler Hängestangen mit dem Bogen in engerer Verbindung steht.

Das Fachwerk, in dessen oberen Knotenpunkten die verticalen Hängestangen befestigt sind, enthält 22 Felder von je 3·082<sup>m</sup> Weite und 2·90<sup>m</sup> Höhe.

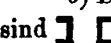
Der Bogen löst sich gegen die Auflager zu in zwei divergente polygonale Gurte auf, von welchem der obere zum oberen, der untere dagegen zum unteren Endpunkte des Fachwerk-Endständers geführt ist. Diese beiden Gurte sind durch ein leichtes Fachwerk mit einander verbunden.

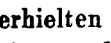
Die Pfeilhöhe der Bogenachse beträgt über der Mittellinie des Obergurtes des Versteifungsbalkens 7·198<sup>m</sup>, somit über der Mittellinie des Balkens 8·648<sup>m</sup>.

In constructiver Beziehung zeigen diese Hauptträger die folgende Durchbildung:

a) Der Bogen. Der Querschnitt desselben ist -förmig gestaltet. Die Stehblechhöhe beträgt 600<sup>mm</sup>, die Entfernung beider Stehbleche 450<sup>mm</sup>. Dort, wo der Bogen in zwei Gurte aufgelöst ist, sind letztere -förmig im Querschnitt gebildet.

Auf Blatt 8 sind die verschiedenen Bogenquerschnitte und die Materialvertheilung dargestellt.

b) Der Versteifungsbalken. Die Gurtquerschnitte sind -förmig durchgebildet. Die Stehblechhöhe ist hier mit 300<sup>mm</sup> bemessen, während die Stehblechentfernung mit jener des Bogens übereinstimmt.

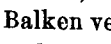
Die verticalen Druckstreben des Fachwerksbalkens erhielten -förmigen Querschnitt; sie sind aus vier Winkel-eisen und einem dieselben verbindenden Gitterwerk construirt. Die hiezu verwendeten Winkelseisen variiren blos in der Schenkeldicke und entsprechen den Calibern  $\frac{70 \cdot 70}{8}$

bis  $\frac{70 \cdot 70}{10}$ .

Die Diagonalen des Fachwerkes sind aus Flach-eisen hergestellt, u. zw. bestehen die Hauptdiagonalen

aus vier, je paarweise angeordneten, die Gegendiagonalen aus zwei Stücken. Die Verbindung derselben mit den Gurten erfolgt mittelst Knotenblechen durch doppelschnittig wirkende Niete.

Die Querschnitte der Gurte, der Druckstreben, Diagonalen und der Endständ, so wie die Material- und Stossaustheilung des Versteifungsbalkens sind auf Blatt 8 ersichtlich.

c) Die Hängestangen, womit der Bogen mit dem Balken verbunden ist, haben -förmigen Querschnitt (Blatt 8) und sind ähnlich den Druckstreben construirt.

Die Verbindung derselben mit dem Bogen und dem Obergurte des Balkens geschieht mittelst quer zu den Hauptträgern gestellten Anschlussblechen und zwar derart, dass der geringe Biegungswiderstand dieser Bleche in der Trägerebene die Verbindung zu einer fast charnierartigen macht.

d) Besondere Details. Von besonderem Interesse ist die Detaildurchbildung an den Orten der Auszweigung der Bogengurte und an jenen des Conflictes zwischen dem Untergurte des Bogens und dem Obergurte des Balkens. Diese schwierige Aufgabe fand hier eine zweckmässige und elegante Lösung. (Blatt 9.)

Die gewählte Form des Bogenquerschnittes und der Gurtquerschnitte ist durchaus rationell. Es erhalten hiedurch die betreffenden Constructionstheile eine möglichst grosse Steifigkeit im verticalen und horizontalen Sinne. Diese Querschnittsform ermöglichte die Anordnung vierfacher und darum schmaler Flacheisen für jede Hauptdiagonale, wodurch die Anzahl der Verbindungs-nieten auf ein Minimum gebracht und die Secundärspannungen möglichst reducirt sind.

Die Gestalt der Balkengurtquerschnitte ist fast durchaus sowohl zur verticalen als zur horizontalen Schwerpunktachse symmetrisch, wodurch die Längsachse der Gurte in einer continuirlichen Geraden erhalten und der Biegungswiderstand der Gurte — schon an und für sich beträchtlich — hinsichtlich der Secundärspannungen möglichst günstig zur Geltung kommt.

Die Knotenbleche, welche die Stärke der Hauptstehbleche haben, sind in den Knotenpunkten an Stelle der Stehbleche eingeschaltet und ragen nur um das erforderliche Minimalmaass über den Gurtrand hervor.

Die zwischen den Stehblechen und dem Knotenbleche hiedurch entstandenen Stösse sind mit seitlichen Stosslaschen gedeckt.

Die Stösse der Winkelseisen in den Gurten des Versteifungsbalkens wurden consequent in Knotenpunkte verlegt und fanden dortselbst theils durch die Knotenbleche, theils durch horizontale Flacheisenlaschen ihre Deckung.

Im Bogen dagegen sind die gleichfalls in Knotenpunkte verlegten Stösse der äusseren Winkelseisen mit Deckwinkelseisen gebunden. Die Flachlamelle, deren Stösse ebenfalls im Orte der Knotenpunkte disponirt wurden, erhielt an den Stössen zur Deckung beiderseits Laschen. Zu beiden Seiten des Stosses der Flachlamelle — in Entfernungen von 400<sup>mm</sup> von demselben — sind die mittleren, die Flachlamelle mit den Stehblechen verbindenden

Winkleisen gestossen und daselbst mit Deckwinkeln überbunden.

Die Endständer sind besonders stark construirt; ihr Querschnitt entspricht jenem des Bogens. Die hier zusammentreffenden Gurten des Bogen und des Versteifungsbalkens sind mittelst starker Knotenbleche zu Knotenpunkten vereinigt und die äusseren Schenkel der Winkleisen der Gurte noch besonders mit kurzen Winkleisenstücken abgefasst.

Die Endständer ruhen auf Balancierlagern, die einerseits fest, andererseits jedoch auf Walzen ruhend, construirt sind.

Die Balanciers, die Walzen und die auf den letzteren ruhenden Lagerkörper, sowie die zwischen den Walzen und den Grundplatten angeordneten Zwischenplatten, sind in Flussstahl, die übrigen Lagerbestandtheile in Gusseisen beziehungsweise Schweisseisen, ausgeführt. Die Detailconstruction der Lager ist auf Blatt 11 dargestellt.

Die beiden Hauptträger sind miteinander durch die Querträger der Fahrbahn, den am Untergurte des Versteifungsbalkens angeordneten Windstrebenverband und — vom sechsten Knotenpunkte des Bogens an — durch obere ausgiebige Querverbände verbunden.

Obwohl keinerlei Decoration der Hauptträger angewendet worden ist, so übt die Construction dennoch durch die blosse Wirkung ihrer constructiven Gliederung einen ruhigen und gefälligen Eindruck aus.

In Beziehung auf den Materialverbrauch stellt sich das hier angewendete Trägersystem sehr günstig. Der Materialaufwand ist wenig von jenem eines Parabelträgers gleicher Spannweite, Trägerhöhe und maximaler Beanspruchung verschieden.

Eine grössere Höhe des Versteifungsbalkens, als hier zur Anwendung kam, würde ohne Zweifel einen noch günstigeren ökonomischen Effect zur Folge gehabt haben.

e) Die Construction der Bahn. Der Bahnkörper des Fahrweges — eine 0.16<sup>m</sup> starke Schotter-schichte — ruht auf einem aus Zores-Eisen gebildeten Belage, welcher auf gewalzten I-Trägern befestigt ist.

Die verhältnissmässig grosse Constructionshöhe ermöglichte es, dass diese Langträger auf die gitterförmig durchgebildeten Querträger aufgelegt werden konnten.

Die Fusswege bestehen aus Lärchenholzdielen, die auf Querhölzern gelagert und befestigt sind. Letztere ruhen einerseits auf den zugleich die Geländer tragenden genieteten Saumlangträgern, andererseits auf den zu diesem Zwecke besonders eingerichteten, den Schotterkörper der Fahrbahn seitlich abgrenzenden Ortträgern der Strassenbahn. Jene Geländerträger werden von gegliederten Consolträgern aufgenommen, die derart gestaltet sind, dass unter den Fusswegen Gas- oder Wasserleitungsrohre untergebracht werden können.

Die Detailconstruction der Fahrbahn, der Fusswege und ihrer Träger nebst deren gegenseitiger Verbindung und der Anschlüsse an die Hauptträger ist aus der Darstellung auf Blatt 9 und 11 ersichtlich.

## 2. Die Ueberbrückung der Seitenöffnungen.

Die kleinere Seitenöffnung ist mit Blechträgern von 10.310<sup>m</sup>, die grössere mit Gitterträgern von 21.774<sup>m</sup> Stützweite überbrückt.

Erstere erhielten eine Höhe von 1.280<sup>m</sup> und zeigen ausser einer besonderen Lagerung über dem Mittelpfeiler keine Abweichung von den sonst üblichen Constructionsformen.

Letztere, deren Gitterwerk ein zweitheiliges, mit steifen Verticalen combinirtes ist, haben Gurte von I-förmigem Querschnitte, flache Zugstreben und im Querschnitte kreuzförmig gestaltete Druck-Diagonalen.

Die Trägerhöhe, d. i. die Entfernung der Gurtschwerpunkte, beträgt 2.90<sup>m</sup>; sie stimmt mit jener des Versteifungsbalkens der Hauptbrücke überein.

Die Gurte sind aus je vier Winkleisen derart gebildet, dass jeder Gurt als aus zwei durch ein einfaches Gitterwerk verbundenen secundären Gurten gebildeter Gitterbalken von 300<sup>mm</sup> Höhe erscheint. In den Knotenpunkten sind statt des Gitterwerkes Knotenbleche eingeschaltet, an welche die Gitterstäbe mit doppelschnittigen Nietten befestigt sind. (Blatt 12.)

Die Variationen in den Gurtquerschnitten werden durch verschiedene Schenkelstärken der Winkleisen, bezw. durch das Auflegen eines Flacheisens erzielt.

Die Stösse der Gurtwinkel sind auch hier in Knotenpunkte verlegt und finden Deckung durch das Knotenblech und durch directe aufgelegte horizontale Flacheisenlamellen.

Die Kraftübertragung von den Streben in die Gurte ist in Folge der zweiseitigen Befestigung mittelst Laschen und doppelschnittigen Nietten eine centrische und die Querschnittsform der Gurte eine solche, dass den daselbst auftretenden Secundärspannungen sehr wirksam begegnet wird.

Eine besondere Eigenthümlichkeit zeigen die Auflagerungen der Hauptträger der Seitenöffnungen auf den Mittelpfeilern.

Um nämlich sowohl die Hauptträger der grossen Oeffnung, als auch jene der Seitenöffnungen auf ein und demselben Auflager des Mittelpfeilers lagern zu können, wurden die seitlichen Hauptträger zwischen den verticalen Stehblechen des Hauptendständers, zum Theile directe auf die Balanciers und zwar mit dem Untergurte gelagert, zum Theile jedoch an diesen Endständer der Hauptconstruction angehängt, wie dies aus dem Detail auf Blatt 11 ersichtlich ist.

Diese Lösung der gemeinsamen Auflagerung auf den Mittelpfeilern ist als sehr gelungen zu bezeichnen.

Es wird hiedurch an dem erforderlichen Auflagerraum wesentlich erspart, auch erscheint die Wirkung des etwas excentrischen Angriffes von Seite des Bogenträgers gegen den Endständer durch das Gegengewicht der aufgehängten Seitenconstruction vermindert.

Die Auflagerconstruction über den Landpfeilern zeigt eine excentrische Anordnung der Endständerachsen über den Walzenlagern derart, dass die Druckvertheilung auf die Walzen in Folge der Einbiegung der Träger eine gleichmässiger wird, als dieses bei centrischer Disposition des Ständers erwartet werden könnte.

Man kann überhaupt, ohne viel suchen zu müssen, an den Constructionen eine Menge constructiver Feinheiten der Details auffinden, welche die Tüchtigkeit und Gewandtheit des Constructeurs bekunden und dem Bauwerke selbst den Charakter einer durchdachten, allseitig abgewogenen Construction verleihen.

#### 4. Grundlagen der Berechnung.

Belastung. Als grösste Belastung wurde Menschenge dränge und zwar für die Hauptträger mit 400<sup>kg</sup> pro 1<sup>m</sup> nutzbarer Brückenfläche und für die Constructionstheile der Gehwege mit 467<sup>kg</sup> pro 1<sup>m</sup> in Rechnung genommen.

Für die Berechnung der Fahrbahnträger und theilweise auch für jene der Hauptträger der kleinen Seitenöffnungen ist die Belastung durch einen 20 Tonnen schweren Lastwagen mit 1.5<sup>m</sup> Spurweite angenommen worden. Ausserdem berücksichtigte man den Einfluss zweier einander begegnenden Lastwagen von je 12 Tonnen Gewicht, 1.4<sup>m</sup> Spurweite, 3.5<sup>m</sup> Radstand und 2.5<sup>m</sup> Breite. Es wurde hiebei vorausgesetzt, dass ausser diesen beiden Wagen auf der Fahrbahn keine andere zufällige Belastung vorhanden sei, auf den Gehwegen dagegen Menschengedränge stattfinde.

Inanspruchnahme des Materials. Die Dimensionen der Querschnitte wurden auf Grund der Launhardt-Weyrauch'schen Formel

$$i = a \left( 1 \pm \frac{\varphi}{2} \right) \text{ berechnet,}$$

$$\text{wobei } \varphi = \frac{\min B}{\max B} \text{ bzw. } = \frac{\max B'}{\max B} \text{ ist,}$$

$a$  wurde mit 900<sup>kg</sup> bewerthet.

Den Stosswirkungen trug man dadurch Rechnung, dass man die zufällige Last um 20% erhöht annahm.

Constructionselemente, die auf Knickfestigkeit beansprucht werden, kamen nach der bekannten Formel

$$b = 1 + 0.00008 \frac{\Omega \lambda^2}{J}$$

zur Berechnung.

#### 5. Gewicht der Eisenconstruction.

Das rechnungsmässig erhobene Gewicht der einzelnen Theile der Eisenconstructionen ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Nr.	Gegenstand	Hauptbrücke versteift. Bogenträger 67.8 m Stützsw.	Blechbrücke 10.31 m Stützsw.	Gitterbrücke 21.77 m Stützsw.
		Kilogramme		
1	Tragwände.....	162.998	4.428	15.373
2	Fahrbahn.....	94.130	15.444	30.912
3	Gehwege.....	10.842	2.445	3.713
4	Obere Querverbindung...	6.700	—	—
5	Windstreben.....	4.635	387	568
6	Schotterabschlussträger...	—	363	401
7	Aufhängeconstruction der Tragwände.....	—	244	259
8	Dilatationsbleche.....	—	629	629
9	Geländer.....	5.583	918	1.772
10	Auflagerconstruction.....	12.502	711	1.196
11	Bleiplatten.....	730	—	—
	Gesammtgewichte.....	298.120	25.569	54.823
	Totale Gewichtssumme...	378.512 kg		

Durch spätere Abwage wurden folgende Gewichte gefunden:

Gegenstand	Hauptbrücke	Blechbrücke	Gitterbrücke
	Kilogramme		
Tragconstruction.....	290.413	25 554	54.546
Auflagerconstruction.....	12.071	741	1.162
Gesammtgewichte.....	302.484	26.295	55.708
Totale Gewichtssumme...	384.487 kg		
Hiezu an Blei..... (wovon 200 <sup>kg</sup> für die in die Verlängerung d. Brücken- rampen fallenden Geländer)	987 kg		

Das Mehrgewicht resultirt theilweise daraus, dass man sich veranlasst fand, den Bogenträger auf der oberen Seite ganz mit Blech einzudecken, um der Ansammlung von Schnee, Regenwasser etc. in dem, eine Rinne bildenden Bogen vorzubeugen.

Diese nachträgliche angeordnete Eindeckung hat ein Gewicht von 1580<sup>kg</sup>, so dass das factische Totalgewicht das rechnungsmässige um 5152<sup>kg</sup> oder um ca. 1<sup>1</sup>/<sub>3</sub>% überschreitet.

Das Eisengewicht dieser Brücke pro Quadratmeter nutzbarer Brückenbahn kann auf Grundlage obiger Angaben näherungsweise ausgedrückt werden durch:

$$g = 210 - 1.2l + 0.049l^2 \text{ in Kilogramm,}$$

wobei  $l$  die Stützweite in Metern.

Hierbei sind der Zores-Eisenbelag und die Geländer mit inbegriffen, die Auflagerconstruction jedoch ausgeschlossen.

#### 6. Montirung und Transport der Eisenconstruction, Gesamtkosten.

Die Montirung der Eisenconstruction erfolgte auf festen Gerüsten, welche seitlich der alten Kettenbrücke eingebaut und so eingerichtet werden mussten, dass nach Abtragung der Kettenbrücke auf denselben die Passage des Publicums möglich war.

Mit dem Baue des Montirungsgerüsts wurde am 18. April l. J., mit dem Aufbringen der Eisentheile auf das Gerüst am 24. Juni begonnen.

Das Niederlegen der Ketten wurde erst Ende Juni in Angriff genommen, um den Wagenverkehr nicht zu lange unterbrechen zu müssen. Diese Procedur wurde mittelst Schraubenwinden innerhalb 14 Tagen bewerkstelligt.

Hiernach wurden die Joche für die Ueberschiebung der grossen Eisenconstruction hergestellt.

Das Montirungsgerüste und die Joche für den Transport der Eisenconstruction sind auf Blatt 10 dargestellt.

Der Transport der montirten und fertig genieteten Construction in ihre definitive Lage fand am 12. August d. J. statt, so dass Montage und Transport dieser Construction einen Zeitraum von 50 Tagen erforderte.

Der Transport selbst geschah in folgender Weise:

Nachdem die Eisenconstruction schon früher mittelst hydraulischer Pressen gehoben worden war, wurden die Verschiebungsschlitten nach dem Weickum'schen Kugelsystem untergebracht, wobei jedoch die an der unteren Gurtung angehängten Pressen an ihrem Platze verblieben.





Wegen  $\lambda_m \sin \varphi_m = y_m - y_{m-1} = \Delta_m y$  und  $\lambda \cos \varphi = a$  übergeht diese Gleichung in:

$$-dl + \sum_0^1 \varepsilon a - \left[ y_1 d\varphi_1 + (y_2 - y_1) d\varphi_2 + (y_3 - y_2) d\varphi_3 + \dots + (y_m - y_{m-1}) d\varphi_m \right] = 0. \text{ oder in}$$

$$-dl + \sum_0^1 \varepsilon a - \left[ y_1 (d\varphi_1 - d\varphi_2) + y_2 (d\varphi_2 - d\varphi_3) + \dots + y_m (d\varphi_m - d\varphi_{m+1}) \right] = 0.$$

Da nach Fig. 2

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 180 - w_1; d\varphi_1 - d\varphi_2 = -dw_1,$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = 180 - w_2 \text{ etc.}; d\varphi_2 - d\varphi_3 = -dw_2 \text{ etc.}$$

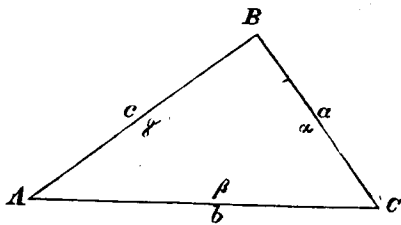
so erhält man als Grundgleichung, wenn man noch,  $\varepsilon$  constant angenommen,  $\sum_0^1 \varepsilon a = \varepsilon l$  setzt

$$-dl + \varepsilon l + \sum_0^1 y dw = 0 \dots \dots \dots (1)$$

b) Bestimmung der Winkeländerungen  $dw$ .

Zur Bestimmung der Winkeländerungen  $dw$  muss der Zusammenhang untersucht werden, welcher besteht zwischen der Aenderung eines Dreieckswinkels  $A$  (Fig. 2), wenn die Seiten  $a, b, c$  des Dreiecks die spezifischen Längenänderungen  $\alpha, \beta, \gamma$  erleiden.

Fig. 2.



Es ist  $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$

Durch Differentiation nach allen vier Grössen erhält man:

$$-\sin A \cdot dA = \frac{2bc(2b db + 2c dc - 2a da) - 2(b^2 + c^2 - a^2)(b dc + c db)}{4b^2 c^2}$$

Wenn man für die Differentiale die sehr kleinen Aenderungen der Grössen  $a, b, c$  und  $A$  setzt, d. i.

$$da = \alpha a$$

$$db = \beta b$$

$$dc = \gamma c$$

so wird nach einigen Reductionen

$$dA = \alpha (\text{ctg } B + \text{ctg } C) - \beta \text{ctg } C - \gamma \text{ctg } B \dots (2)$$

Die Winkeländerung  $dw$  besteht aus folgenden Theilen:

$\alpha$ ) aus  $dw_1$ , welche Aenderung durch die Ausdehnung (im vorliegenden Fall durch eine negative Ausdehnung oder Verkürzung) der Bogenstücke allein hervorgerufen wird,

$\beta$ ) aus  $dw_2$ , welche den Längenänderungen der Hängestangen allein entspricht, endlich

$\gamma$ ) aus  $dw_3$ , erzeugt durch die Formänderung des Versteifungsträgers allein.

$\alpha$ ) Bestimmung von  $dw_1$ .

Die Aenderung des Winkels  $w_1$  kann aus der Aenderung des Winkels  $i$  im  $\triangle pqr$  (Fig. 3) bestimmt werden.

Wegen  $w = 180^\circ - i$

$$\text{ist } dw = -di$$

In dem genannten Dreiecke  $pqr$  ist ferner:

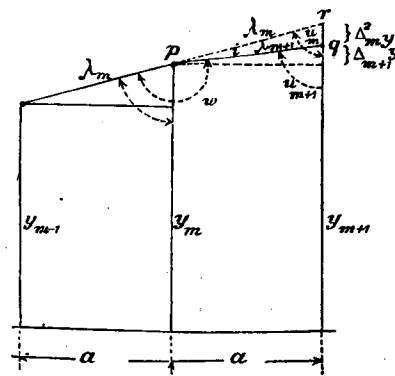
$$pr = \lambda_m$$

$$pq = \lambda_{m+1}$$

$qr = \Delta_m^2 y = \Delta_m y - \Delta_{m+1} y = (y_m - y_{m-1}) - (y_{m+1} - y_m)$   
 $\Delta_m^2 y$  ist im vorliegenden Falle immer eine positive Grösse.

Die spezifische Längenänderung  $\varepsilon$  der Bogenstücke  $\lambda$  soll für alle Felder gleich gross und vorläufig als positiv angenommen werden.

Fig. 3.



Zur Bestimmung von  $dw_1$  hat man nun in dem Dreiecke  $pqr$  (Fig. 3) die Seite  $qr = \Delta_m^2 y$  als unveränderlich zu betrachten; die spezifischen Längenänderungen von  $pr = \lambda_m$  und  $pq = \lambda_{m+1}$ , seien  $\varepsilon_m$  resp.  $\varepsilon_{m+1}$ .

Wendet man nun die Formel 2 unter

Berücksichtigung der vorstehenden Annahme auf das Dreieck  $pqr$  an, so erhält man zunächst:

$$di = -\varepsilon_m \text{ctg } \mu_m - \varepsilon_{m+1} \text{ctg } (180 - \mu_{m+1})$$

Wegen

$$di = -dw_1$$

$$\varepsilon_m = \varepsilon_{m+1} = \varepsilon$$

$$\text{ctg } \mu_m = \frac{\Delta_m y}{\mu}$$

$$\text{ctg } (180 - \mu_{m+1}) = -\frac{\Delta_{m+1} y}{a}$$

übergeht obige Gleichung in:

$$dw_1 = \frac{\varepsilon}{a} (\Delta_m y - \Delta_{m+1} y) = \frac{\Delta_m^2 y \varepsilon}{a} \dots (3)$$

oder kurz

$$dw_1 = \frac{\Delta^2 y}{a} \cdot \varepsilon$$

$\beta$ ) Bestimmung von  $dw_2$ .

Die spezifischen Längenänderungen der Hängestangen seien durchwegs gleich gross und sollen mit  $\delta$  bezeichnet werden.

Zur Bestimmung von  $dw_2$  müssen nun in dem Dreiecke  $pqr$  (Fig. 3) die Seiten  $pr = \lambda_m$  und  $pq = \lambda_{m+1}$  als unveränderlich angesehen werden, während die dritte Seite  $qr = \Delta^2 y$  durch die Aenderung der Hängestangenlängen  $y_{m-1}, y_m, y_{m+1}$  die absolute Ausdehnung

$$\delta \Delta^2 y$$

erfährt. Durch Anwendung der Formel 2 auf diesen Fall ergibt sich:

$$di = \delta [\text{ctg } \mu_m + \text{ctg } (180 - \mu_{m+1})]$$

$$= \delta \left( \frac{\Delta_m y}{a} - \frac{\Delta_{m+1} y}{a} \right)$$

und daher (wegen  $dw_2 = -di$ )

$$dw_2 = -\frac{\Delta^2 y}{a} \cdot \delta \dots \dots \dots (4)$$

$\gamma$ ) Bestimmung von  $dw_3$ .

Der Zusammenhang zwischen dem Winkel  $w$  und dem entsprechenden Knotenwinkel des Versteifungsträgers ergibt sich aus der Formänderung eines Viereckes  $ABCD$  (Fig. 4).

In diesem ist zunächst

$$a \cos \alpha + b \cos \beta + c \cos \gamma = d.$$

Wenn sich nun die Winkel  $\alpha, \beta, \gamma$  ändern, während die Seiten  $a, b, c, d$  unverändert bleiben, so besteht zwischen den Winkeländerungen die Beziehung

$$a \sin \alpha d\alpha + b \sin \beta d\beta + c \sin \gamma d\gamma = 0.$$

oder

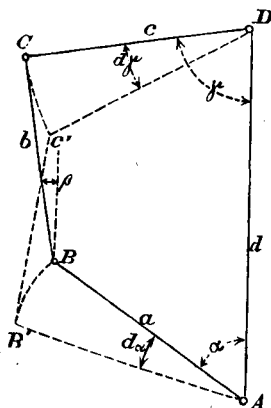
$$d\gamma = -\frac{a \sin \alpha}{c \sin \gamma} d\alpha - \frac{b \sin \beta}{c \sin \gamma} d\beta$$

Sind die Seiten  $b$  und  $d$  parallel, so übergeht die obige Gleichung wegen

$$\beta = \theta, a \sin \alpha = c \sin \gamma \text{ in:}$$

$$d\gamma = -d\alpha$$

Fig. 4.



Der dem Winkel  $w$  entsprechende Knotenwinkel des Versteifungsträgers sei  $\psi$  (Fig. 5) und da die Hängestangen parallel, so entspricht

$$\begin{aligned} d\gamma & \dots \dots d w_3 \\ d\alpha & \dots \dots -d\psi \end{aligned}$$

so dass

$$d w_3 = d\psi \dots \dots (5)$$

Die Änderung  $d\psi$  des Knotenwinkels  $\psi$  (Fig. 5) ergibt sich aus der Deformation der Constructionstheile des Versteifungsträgers.

Die spezifischen Längenänderungen aller Seiten der in einem Knotenpunkte  $m$  (Fig. 5) des Versteifungsträgers zusammenstossenden Dreiecke seien:

$$\begin{aligned} \alpha_0 \quad \beta \quad \gamma \\ \alpha_u \quad \beta' \quad \gamma' \\ \alpha_0' \quad \beta' \quad \gamma' \end{aligned}$$

Sämmtliche Längenänderungen  $\alpha, \beta, \gamma$  sind vorläufig als Ausdehnungen, demnach als positive Grössen zu betrachten.

Bei dem Knotenpunkte  $m$  (Fig. 5) ist nun:

$$\begin{aligned} \psi &= \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 \text{ daher} \\ d\psi &= d\varphi_1 + d\varphi_2 + d\varphi_3 \end{aligned}$$

Durch Anwendung der Formel 2 auf die im Knotenpunkte  $m$  zusammenstossenden Dreiecke erhält man:

$$d\varphi_1 = \beta \left( \frac{a}{h} + \frac{h}{a} \right) - \alpha_0 \frac{a}{h} - \gamma \frac{h}{a}$$

$$d\varphi_2 = \alpha_u \frac{a}{h} - \beta' \frac{a}{h}$$

$$d\varphi_3 = \gamma' \frac{h}{a} - \beta' \frac{h}{a}$$

somit mit Rücksicht auf Gl. 5:

$$d w_3 = (\alpha_u - \alpha_0) \frac{a}{h} + (\beta - \beta') \left( \frac{a^2 + h^2}{a h} \right) + (\gamma' - \gamma) \frac{h}{a} \quad (6)$$

Da die Diagonalen bloss gezogen werden, so muss die Gl. 6 für jene Knotenpunkte, in denen Spannungswechsel vorkommt, entsprechend modificirt werden.

Für die Anordnung (Fig. 6) lautet die Gleichung

$$d w_3 = 2 \alpha_u \frac{a}{h} - (\beta + \beta') \left( \frac{a^2 + h^2}{a h} \right) + (\gamma + \gamma') \frac{h}{a} \quad (6_a)$$

endlich für die in (Fig. 7) dargestellte Diagonal-Anordnung:

$$d w_3 = -2 \alpha_0 \frac{a}{h} + (\beta + \beta') \left( \frac{a^2 + h^2}{a h} \right) - 2 \gamma \frac{h}{a} \quad (6_a)$$

Durch Zusammenziehung der Formeln 6, 3 und 4 erhält man zunächst

$$\begin{aligned} dw &= (\alpha_u - \alpha_0) \frac{a}{h} + \left( \frac{a^2 + h^2}{a h} \right) (\beta - \beta') + \frac{h}{a} (\gamma' - \gamma) - \\ &\quad - \frac{\Delta^2 y \delta}{a} + \frac{\Delta^2 y}{a} \varepsilon \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

Fig. 5.

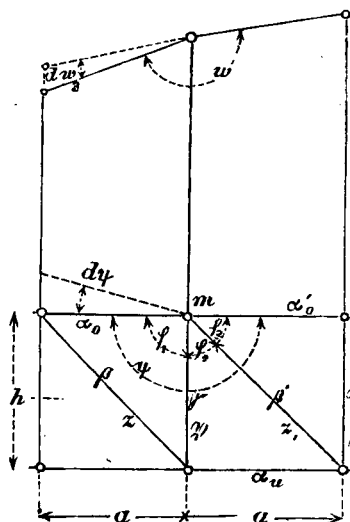


Fig. 6.

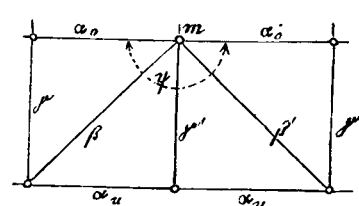
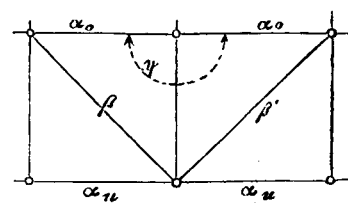


Fig. 7.



Nach den gemachten Voraussetzungen bedeuten also die spezifischen Längenänderungen  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  und  $\varepsilon$  vorläufig Dehnungen.

Durch Substitution des oben gefundenen Werthes für  $dw$  in die Gl. 1, erhält man folgende

c) Bedingungsgleichung für den Zusammenhang der Formänderung der einzelnen Stäbe:

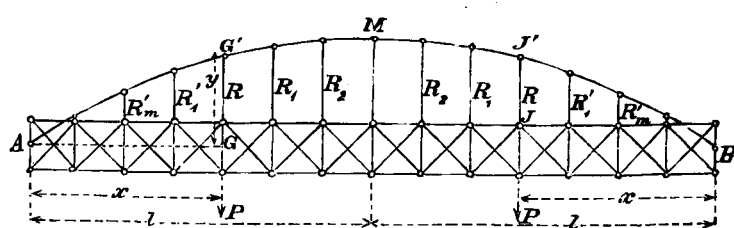
$$\begin{aligned} -dl + \varepsilon l + \frac{a}{h} \sum_0^1 y (\alpha_u - \alpha_0) + \frac{a^2 + h^2}{a h} \sum_0^1 y (\beta - \beta') + \\ + \frac{h}{a} \sum_0^1 y (\gamma' - \gamma) - \frac{\delta}{a} \sum_0^1 y \Delta^2 y + \frac{\varepsilon}{a} \sum_0^1 y \Delta^2 y = 0. \quad (8) \end{aligned}$$

d) Bestimmung der spezifischen Längenänderungen.

Zur Bestimmung der Grössen  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  und  $\varepsilon$  muss eine bestimmte Belastung des Trägers vorausgesetzt werden.

Es sei nun der vollkommen symmetrische Träger durch zwei gleich grosse Lasten  $P = \text{Eins}$  im Abstände  $x$  von den beiden Auflagern belastet. (Fig. 8.)

Fig. 8.



In Folge dieser Belastung wird in den Hängestangen  $G G'$  und  $J J'$  eine Spannung  $R$  entstehen.

Ist die Hängestangenkraft  $R$  gefunden, so sind auch die Spannungen in den Bogensegmenten und den übrigen Hängestangen, da ein Seilpolygon (Linienzug des Bogens) und eine Kraft ( $R$ ) vom Kräftepolygon gegeben ist, bekannt, somit auch alle Aussenkräfte für den Versteifungsbalken gegeben.

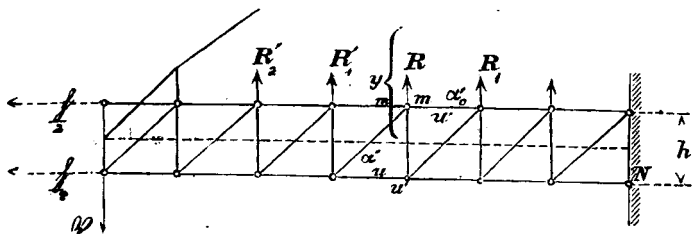
Bestimmung von  $\alpha$ . Die spezifische Längenänderung  $\alpha$  der Gurte des Versteifungsbalkens setzt sich nun zusammen:

a) aus den Längenänderungen  $\alpha'$  in Folge der von dem Bogen auf den Balken übertragenen Aussenkräfte. Bezeichnet man für den  $m^{\text{ten}}$  Knotenpunkt die nur im Vorzeichen verschiedenen Spannungen in den gegenüberliegenden Gurtstücken (Fig. 9) für  $R=1$  mit  $u'_m$ , ferner die constante Horizontalspannung des Bogens, wenn  $R=1$  mit  $h$ , so ist:

$$u'_m = \frac{y_m h}{h} + \frac{h}{2}$$

worin  $h$  die theoretische Höhe des Versteifungsbalkens bedeutet.

Fig. 9.



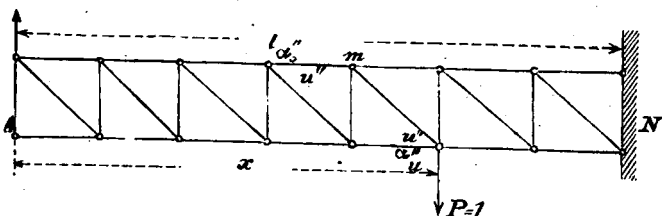
Ist ferner der mittlere Gurtungsquerschnitt  $f_1$  und der Elasticitätsmodul  $E$ , so hat man:

$$\left. \begin{aligned} \alpha'_0 &= \frac{y_m h R}{f_1 h E} + \frac{h R}{2 f_1 E} \\ \alpha'_n &= -\frac{y_m h R}{f_1 h E} + \frac{h R}{2 f_1 E} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9_a)$$

und

b) aus den Längenänderungen  $\alpha''$  in Folge der Einwirkung der Last  $P=1$ .

Fig. 10.



Die Spannungen  $u''$  in den einzelnen Gurtstücken hängen von der Stellung der Last  $P$  ab.

Die Spannung wächst von 0 bis  $x$  und ist von  $x$  bis  $l$  constant. Befindet sich die Last  $P$  in der  $n^{\text{ten}}$  Verticalen, so ist:

$$u''_1 = \frac{a}{h}, u''_2 = 2 \frac{a}{h} \dots \dots u''_n = n \cdot \frac{a}{h}, u''_{n+1} = n \cdot \frac{a}{h}$$

Setzt man allgemein

$$\left. \begin{aligned} u'' &= k \cdot \frac{a}{h}, \text{ so wird} \\ \alpha''_0 &= -\frac{k a}{h f_1 E} \\ \alpha''_n &= +\frac{k a}{h f_1 E} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9_b)$$

und

Bestimmung von  $\beta$  und  $\gamma$ . Bezeichnet man die Spannungen in den Diagonalen und Verticalen für  $P=\text{Eins}$  mit  $Z_m$  und  $\mathfrak{Z}_m$ , den mittleren Querschnitt mit  $f_2$ , resp.  $f_3$ , so ist:

$$\left. \begin{aligned} \beta_m &= \frac{Z_m}{f_2 E} \\ \gamma_m &= \frac{\mathfrak{Z}_m}{f_3 E} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10)$$

und

Auf die Bestimmung der Spannungen  $Z$  und  $\mathfrak{Z}$  wird nicht näher eingegangen.

Was das Vorzeichen von  $Z$  und  $\mathfrak{Z}$  anbelangt, so ist, da die Diagonalen mit schlaffem Querschnitt angeordnet werden sollen,  $Z$  stets positiv (Zug); hingegen kann  $\mathfrak{Z}$  sowohl positiv als negativ werden.

Bestimmungen von  $\delta$ . Der Querschnitt der  $m^{\text{ten}}$  Hängestange sei mit  $\Omega_m$  bezeichnet; nimmt man denselben proportional den in der Hängestange wirkenden Spannungen, d. i.

$$\frac{R_m}{\Omega_m} = \frac{R}{\Omega} \text{ so ist die spezifische}$$

$$\text{Längenänderung } \delta = + \frac{R}{E \Omega} \dots \dots \dots (11)$$

Bestimmung von  $\epsilon$ . Ist für das  $m^{\text{te}}$  Gurtstück  $r_m$  die Spannung für  $R=1$ ,  $\varphi_m$  der Bogenquerschnitt, so ist:

$$\epsilon_m = -\frac{r_m R}{\varphi_m E}$$

Bezeichnet man mit  $f$  den Querschnitt im Bogen-scheitel, so ist

$$\frac{r_m}{\varphi_m} = \frac{h}{f}$$

$$\text{somit auch } \epsilon_m = -\frac{h}{f} \cdot \frac{R}{E} \dots \dots \dots (12)$$

Bestimmung von  $dl$ . Wenn man für  $dl$  die kleine Aenderung der Länge  $l$  des Versteifungsbalkens in Folge der auf denselben wirkenden Horizontalkraft  $h R$  setzt, so wird

$$dl = \frac{h l R}{2 f_1 E} \dots \dots \dots (13)$$

e) Bestimmung der Hängestangenkraft  $R$ .

Setzt man für die Querschnitte

$$\left. \begin{aligned} \text{der Gurten des Versteifungsträgers } f_1 &= i f, \\ \text{der Hängestangen } \Omega &= m f, \\ \text{der Diagonalen } f_2 &= n f \text{ und} \\ \text{der Verticalen } f_3 &= r f \end{aligned} \right\}$$

und substituirt die Werthe aus Gl. 9 bis 13 in Gl. 8, so erhält man schliesslich durch Auflösung nach  $R$ :

$$R = \frac{2 \frac{a^2}{i h^2} \sum_0^1 k y + \frac{a^2 + h^2}{n a h} \sum_0^1 y (Z - Z') + \frac{h}{a r} \sum_0^1 y (\mathfrak{Z}' - \mathfrak{Z})}{h l \left( 1 + \frac{1}{2 i} \right) + \frac{2 a h}{i h^2} \sum_0^1 y^2 + \frac{1}{a} \left( h + \frac{1}{m} \right) \sum_0^1 y \Delta^2 y} \quad (14)$$

Bezeichnet man jene Ordinate des Bogens, in welcher die Last  $P$  angreift, mit  $y_k$  und die 2<sup>te</sup> Differenz mit den angrenzenden Ordinaten mit  $\Delta^2_g y$ , so besteht für  $h$  die Beziehung

$$h = \frac{a}{\Delta^2_g y} \dots \dots \dots (14_a)$$

In Gl. 14 sind nur die Werthe  $\mathfrak{Z}$  mit Rücksicht auf ihr Vorzeichen und alle anderen Werthe als absolute Werthe einzusetzen.

Vernachlässigt man den Einfluss der Längenänderungen der Füllungsglieder des Versteifungsbalkens und setzt  $f_1 = \frac{1}{2} f$ , d. i.  $i = \frac{1}{2}$ , so wird

$$R = \frac{\Delta^2_g y \sum_0^1 k y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4 a^2} \left( 1 + \frac{\Delta^2_g y}{m a} \right) \sum_0^1 y \cdot \Delta^2 y + \frac{h^2 l}{2 a}} \dots \dots (15)$$

Vernachlässigt man auch das kleine Glied  $\frac{h^2 l}{2a}$  und den Einfluss der Längenänderungen der Hängestangen, so wird endlich:

$$R'' = \frac{\Delta^2_m y \sum_0^1 k y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_0^1 y \cdot \Delta^2 y} \quad (16)$$

#### f) Bestimmung der Spannungen.

Da der Bogen zur Mitte symmetrisch ist, so folgt aus der Eigenschaft des Seilpolygons, dass zwei von der Mitte gleich weit abstehende Hängestangen dieselbe Spannung haben müssen. Ist daher nur die linksseitige Einzellast  $P$  vorhanden, so ist die Spannung  $R$  nur halb so gross.

Bezeichnet man nun für den erwähnten Fall die Spannung in der Hängestange, in welcher die Einzellast  $P$  angreift, mit  $R_g$ , so hat man die Relation

$$R_g = \frac{1}{2} R_s$$

und ist dann die Spannung in irgend einer Hängestange

$$R_m = \frac{\Delta^2_m y}{\Delta^2_g y} R_g$$

#### α) Die Hängestangen.

Die Maximalspannung  $S$  in den Hängestangen tritt bei totaler Belastung des Trägers ein, es ist:

$$S_m = P \sum_0^L R_m$$

und den Werth von  $R_m$  substituiert:

$$S_m = \Delta^2_m y P \sum_0^L \frac{R_g}{\Delta^2_g y}$$

oder, da  $R_g = \frac{1}{2} R_s$

$$S_m = \Delta^2_m y P \sum_0^L \frac{R_s}{\Delta^2_g y} \quad (17)$$

Die Werthe von  $R$  sind aus Gleichung 14, 15 oder 16 zu entnehmen; so ergibt sich für die in Gleichung 15 und 16 gemachten Voraussetzungen

$$S'_m = \Delta^2_m y P \sum_0^L \frac{\sum_0^1 k y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \left(1 + \frac{\Delta^2_g y}{ma}\right) \sum_0^1 y \Delta^2 y + \frac{h^2 l}{2a}}$$

respective

$$S''_m = \Delta^2_m y P \sum_0^L \frac{\sum_0^1 k y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_0^1 y \cdot \Delta^2 y} \quad (19)$$

#### β) Der Bogen.

Da jede Hängestangenkraft im Bogen Druck erzeugt, so tritt die Maximal-Spannung  $T$  in demselben bei voller Belastung des Trägers ein.

Man hat die Proportion:

$$\frac{S_m}{\Delta^2_m y} = \frac{T_m}{\lambda_m} \quad \text{und folgt daraus:}$$

$$T_m = S_m \frac{\lambda_m}{\Delta^2_m y} \quad (20)$$

#### γ) Der Versteifungsbalken.

Ist der Versteifungsbalken durch die Einzellast  $P=1$  im Abstände  $x$  von der linken Stütze belastet, so treten

zu dieser Kraft als Aussenkräfte die Hängestangenkräfte  $R$ , ferner in  $A$  und  $B$  (siehe Fig. 8) die Horizontalkräfte

$$R_h = \frac{R_g}{\Delta^2_g y} \cdot a \quad (21)$$

und schliesslich in  $A$  die Vertikalkraft

$$\frac{L-x}{L} - \frac{R_g}{\Delta^2_g y} \cdot y_1$$

und in  $B$  die Vertikalkraft

$$\frac{x}{L} - \frac{R_g}{\Delta^2_g y} \cdot y_1 \quad \text{hinzu.}$$

Man ist daher in der Lage, für jede Stellung der Einzellast die Spannungen im Versteifungsbalken zu bestimmen.

#### g) Die Correctionsglieder.

Hat man die Spannungen in den Hängestangen nach Gl. 19 gerechnet, so wird der genauere Werth, in welchem der Einfluss der Längenänderungen der Hängestangen berücksichtigt ist, zu rechnen sein aus der Gleichung

$$S'_m = \frac{S''_m}{x}, \quad \text{in welcher}$$

$$x = \frac{S''_m}{S'_m} = 1 + \frac{\Delta^2_g y}{am} \cdot \frac{\frac{h^2}{4a^2} \sum_0^1 y \cdot \Delta^2 y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_0^1 y \cdot \Delta^2 y}$$

ebenso wäre, wenn für  $f$ , nicht  $\frac{1}{2} f$ , sondern  $if$  gesetzt werden kann:

$$S_m = \Delta^2_m y \cdot P \cdot \sum_0^L \frac{\sum_0^1 k y}{\frac{h^2 l}{2a} \left(1 - \frac{1}{2i}\right) + \sum_0^1 y^2 + \frac{ih^2}{2a^2} \sum_0^1 \Delta^2 y \cdot y}$$

Will man in Gl. 16 den Einfluss der Längenänderungen der Füllungsglieder des Versteifungsbalkens berücksichtigen, so ist  $R''$  zu multipliciren mit:

$$1 + \frac{h}{4a^3} \cdot \frac{\frac{a^2 + h^2}{n} \sum_0^1 y (Z_m - Z'_m) + \frac{h^2}{r} \sum_0^1 y (B - B')}{\sum_0^1 k y}$$

Soll der eben erwähnte Einfluss auf die Maximal-Spannungen in den Hängestangen untersucht werden und setzt man

$$\sum_0^1 Z = Z \quad \text{und} \\ \sum_0^1 B = V,$$

wo  $Z$  und  $V$  die Spannungen in den Diagonalen und Verticalen bei voller Belastung bedeuten, so ist die Spannung  $S$  zu multipliciren mit

$$1 + \frac{h}{4a^3} \cdot \frac{\frac{a^2 + h^2}{n} \sum_0^1 y (Z - Z') + \frac{h^2}{r} \sum_0^1 y (V - V')}{\sum_0^1 \sum_0^1 k y}$$

#### 9. Statische Berechnung.

Stützweite 67·804<sup>m</sup>, 22 Felder à 3·082<sup>m</sup>.

Pfeilhöhe des Bogens 8·468<sup>m</sup>.

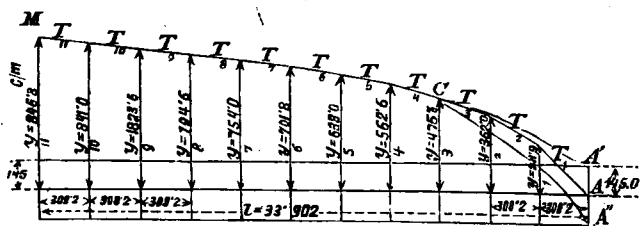
Theoretische Höhe des Versteifungsbalkens 2·900<sup>m</sup>.

Die übrigen Ordinaten der theoretischen Linien des Bogens sind aus nachstehender Figur ersichtlich.

Von  $M$  bis  $C$  ist der Bogen parabolisch gekrümmt, bei  $C$  löst sich der Bogen in zwei Theile auf, wovon der eine zum Endpunkt  $A'$  des Obergurtes und der andere zum

Endpunkt  $A''$  des Untergurtes des Versteifungsbalkens führt. Für die Rechnung wurde von  $C$  an die theoretische Mittellinie  $CbdA$  der beiden Bogenstränge eingeführt.

Fig. 11.



Belastung: a) permanente Last pro Currentmeter Brücke:

Beschotterung  $338 \text{ kg}$  pro  $1 \text{ m}^2$ , d. i.  $338 \times 7,6 = 2569$

Holzbelag der Gehwege und Schwellen . . . . . 347

Eigengewicht der Eisenconstruction . . . . . 4364

Summe . . 7280 kg

d. i. permanente Last pro Curr.-Meter u. Tragwand:  $g = 3640 \text{ kg}$

b) Zufällige Last:  $400 \text{ kg}$  pro  $1 \text{ m}^2$ , d. i. zufällige Last

per Currentmeter und Tragwand:  $p = 400 \times 6 = 2400 \text{ kg}$

Permanente Belastung eines Knotenpunktes:

$$G = 3,082 \times 3640 = 11,218 \text{ T}$$

$$\text{Zufällige Belastung: } P = 3,082 \times 2400 = 7,397$$

$$1,2 P = P_1 = 1,2 \times 7,397 = 8,876$$

A) Die Hängestangen.

Die Maximal-Spannung  $S$  in den Hängestangen tritt bei totaler Belastung des Trägers ein.

Es ist:

$$S_m = \Delta^2 y_m \cdot Q \sum_{i=0}^n \frac{\sum_{j=0}^i k \cdot y}{\sum_{j=0}^i y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_{j=0}^i \Delta^2 y \cdot y}$$

Hierin ist  $k$  das Moment für zwei symmetrisch zur Mitte des Trägers stehende Einzellasten, von der Grösse  $= 1$ , dividirt durch die Feldweite, und  $Q$  die totale Knotenlast.

$$Q = G + 1,2 P = 20,094 \text{ T}$$

Der Einfluss der Längenänderungen der Hängestangen und der Füllungsglieder des Versteifungsbalkens auf die einzelnen Spannungen ist in obiger und in den folgenden Formeln nicht berücksichtigt und soll dieser Einfluss erst später untersucht werden.

Die Werthe  $\sum_{i=0}^n k y$  bestimmen sich aus:

Für Stellung der Last im Knoten:

$$\text{I. } \sum_{i=0}^1 k y = y_1 + y_2 + \dots + y_{10} + \frac{1}{2} y_{11} = 6588,5$$

$$\text{II. } \sum_{i=0}^2 k y = y_1 + 2y_2 + 2y_3 + \dots + 2y_{10} + 2 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 12965,1$$

$$\text{III. } \sum_{i=0}^3 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 3y_{10} + 3 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 18979,7$$

$$\text{IV. } \sum_{i=0}^4 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + 4y_4 + \dots + 4y_{10} + 4 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 24518,7$$

$$\text{V. } \sum_{i=0}^5 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + 4y_4 + \dots + 5y_{10} + 5 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 29495,1$$

$$\text{VI. } \sum_{i=0}^6 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 6y_{10} + 6 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 33833,5$$

$$\text{VII. } \sum_{i=0}^7 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 7y_{10} + 7 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 37470,1$$

$$\text{VIII. } \sum_{i=0}^8 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 8y_{10} + 8 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 40352,7$$

$$\text{IX. } \sum_{i=0}^9 k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 9y_{10} + 9 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 42440,7$$

$$\text{X. } \sum_{i=0}^{10} k y = y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 10y_{10} + 10 \cdot \frac{1}{2} y_{11} = 43705,1$$

$$\text{XI. } \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{11} k y = \frac{1}{2} (y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + 11y_{10} + 11 \cdot \frac{1}{2} y_{11}) = 22064,2$$

$$\sum_{i=0}^{11} \sum_{j=0}^i k y = 312413,4$$

Ferner ist:

$$N = \sum_{i=0}^n y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_{i=0}^n \Delta^2 y \cdot y = 4562265,2 + \frac{-2}{4 \cdot 3,082} \cdot 98300,3 = 4584023,6$$

Es folgt sonach:

$$S_m = \frac{312413,4}{4584023,6} \cdot \Delta^2 y_m \cdot Q$$

$$= 0,06815 \Delta^2 y_m \cdot Q$$

Tabelle I.

Spannungen und Querschnitte der Hängestangen.

$S_m$	$\Delta^2 y_m$	$0,06815 \Delta^2 y_m$	$0,06815 \Delta^2 y_m \cdot Q$	$i = 900 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{g}{g + 1,2 p} \right)$	Theoret. Querschnitt $\frac{S_m}{i}$	Mit 10% Zuschlag	Ausgeführtes Profil	Netto-Inhalt
			kg	kg	qcm	qcm		qcm
$S_1$	61,8	4,21183	84762	1151	(73,7) 14,0*	14,1	4 · $\left( \frac{70 \cdot 70}{9} \right)$	39,96
$S_2$	36,5	2,48758	49975	1151	43,8	44,2	4 · $\left( \frac{70 \cdot 70}{11} \right)$	47,96
$S_3$	26,6	1,81286	36423	1151	31,6	31,9	4 · $\left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35,84
$S_4 - S_{12}$	11,6	0,79057	15886	1151	13,8	13,9	4 · $\left( \frac{60 \cdot 60}{8} \right)$	30,00

\* Siehe Endabschluss.

Da die mittleren Hängestangen auch bei seitlichen Schwankungen des Bogens beansprucht werden, so wurden dieselben stärker gehalten, als es die reine Zugspannung erfordert.

Es sei hier auf die fast charnierartige Verbindung

der Hängestangen mit dem Bogen und Versteifungsträger hingewiesen, welche Verbindung bezweckt, dass bei einseitiger Belastung durch die Hängestangen zwischen Versteifungsbalken und Bogen nicht Biegungsspannungen übertragen werden können.





Der volle Querschnitt  $\Omega$  ist  $= 495 \cdot 3 \text{ cm}^2$ , somit der Knickungscoefficient:

$$k = \frac{1}{1 + 0.00008 \cdot \frac{495 \cdot 3 \times \lambda^2}{165084}}$$

Setzt man hierin für  $\lambda$  einige Mittelwerthe ein, so ergibt sich:

Freie Länge	Knickungscoefficient $k$
$\lambda_1 = 370 \text{ cm}$	$k_1 = 0.968$
$\lambda_2 = 340$	$k_2 = 0.972$

Freie Länge

$$\lambda_3 = 330$$

$$\lambda_4 = 320$$

$$\lambda_5 = 310$$

Knickungscoefficient  $k$

$$k_3 = 0.975$$

$$k_4 = 0.976$$

$$k_5 = 0.977$$

An Stellen, wo der Bogen in zwei Theile getrennt ist, ist die Gefahr des Ausknickens nur auf die Achse  $s_1 s_1$  vorhanden.

Wir erhöhen nun die theoretischen Querschnitte des Bogens in Folge der Knickungsgefahr je nach der grösseren oder kleineren freien Länge um 3.2 bis 2.30%.

Dementsprechend wurden die nachstehenden Querschnitte entwickelt:

Tabelle IV.

Ausgeführte Querschnitte des Bogens.

Bezeichnung der Constructionsstelle	Theoretischer Querschnitt $\square \text{ cm}$	Zuschlag	Nothwendiger Querschnitt $\square \text{ cm}$	Ausgeführtes Profil	Netto-Inhalt $\square \text{ cm}$
$T'_1$	200	3.80%	207		4 Winkel . . . . . $\frac{100 \cdot 100}{14} \text{ à } 22.68 = 90.72$
$T'_2$	195		202		2 Stehbleche . . . . . $293/14 \text{ à } 34.30 = 68.60$
$T'_3$	191		198		2 " . . . . . $293/10 \text{ à } 24.5 = 49.00$ Summe = 208.32
$T''_1$	151	3.80%	156		4 Winkel . . . . . $\frac{100 \cdot 100}{14} \text{ à } 22.68 = 90.72$
$T''_2$	215		223		2 Stehbleche . . . . . $320/14 \text{ à } 38.08 = 76.16$ Summe = 166.88
$T''_3$	202		209		4 Winkel . . . . . $\frac{100 \cdot 100}{14} \text{ à } 22.68 = 90.72$ 4 Stehbleche . . . . . $293/14 \text{ à } 34.3 = 137.20$ Summe = 227.92
$T_4$	381	3.40%	394		8 Winkel . . . . . $\frac{100 \cdot 100}{14} \text{ à } 22.68 = 181.44$
$T_5$	377		390		2 Stehbleche . . . . . $600/14 \text{ à } 70.56 = 141.12$
$T_6$	374		387		1 Verbindungsblech $450/14 \text{ . . . . . } 63.00$
$T_7$	372		385		2 Flacheisen . . . . . $\frac{100}{10} \text{ à } 7.6 = 15.20$ Summe = 400.76
$T_8$	369	3.30%	381		8 Winkel . . . . . $\frac{100 \cdot 100}{14} \text{ à } 22.68 = 181.44$
$T_9$	368		380		2 Stehbleche . . . . . $600/14 \text{ à } 70.56 = 141.12$
$T_{10}$	367		379		1 Blech . . . . . $450/14 \text{ . . . . . } 63.00$
$T_{11}$	367		379		Summe = 385.56

### C) Bestimmung der Spannungen in den Hängestangen für jede Stellung der Einzellast.

Bezeichnen wir die Spannung in jener Hängestange, in welcher die Last  $P=1$  angreift mit  $\mathfrak{R}_g$ , so ist:

$$\mathfrak{R}_g = \frac{1}{2} \frac{\Delta^2 y_g \sum_0^1 k \cdot y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_0^1 \Delta^2 y \cdot y}$$

und die Spannung einer beliebigen Hängestange

$$\mathfrak{R}_m = \mathfrak{R}_g \frac{\Delta^2 y_m}{\Delta^2 y_g}$$

Darnach ist Tabelle V berechnet.

Tabelle V.  
Werthe von  $R_g$ .

Stellung der Last in	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
$\frac{1}{\circ} \sum k_y$	6588·5	12965·1	18979·7	24518·7	29495·1	33833·5	37470·1	40352·7	42440·7	43705·1	44128·5
$\frac{R_g}{P \cdot \Delta^2 y_g} = \frac{1}{2} \frac{\sum k_y}{N}$	0·000718	0·001414	0·002070	0·002675	0·003217	0·003690	0·004087	0·004401	0·004629	0·004767	0·004813
$\frac{\Delta^2 y_1}{R_1} =$	61·8	61·8	61·8	61·8	61·8	61·8	61·8	61·8	61·8	61·8	61·6
$\frac{R_1}{P} =$	0·04437	0·08739	0·126926	0·165276	0·198811	0·228065	0·252577	0·272010	0·286072	0·29461	0·297449
$\frac{\Delta^2 y_2}{R_2} =$	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5	36·5
$\frac{R_2}{P} =$	0·02621	0·051616	0·075555	0·097614	0·117421	0·13470	0·149176	0·160653	0·168959	0·174000	0·175675
$\frac{\Delta^2 y_3}{R_3} =$	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6	26·6
$\frac{R_3}{P} =$	0·01910	0·037616	0·055062	0·071138	0·085572	0·098164	0·108714	0·117080	0·123181	0·126805	0·128026
$\frac{\Delta^2 y_4, \Delta^2 y_5, \dots}{R_4} =$	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6	11·6
$\frac{R_4}{P} =$	0·00833	0·016404	0·024012	0·031023	0·037317	0·042808	0·047409	0·051057	0·053696	0·055299	0·055831

Weiters ist  $R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = R_9 = R_{10}$ .

Die horizontale und verticale Componente des bei einer beliebigen Stellung der Einzellast vom Bogen auf den Balken ausgeübten schiefen Auflagerdruckes bestimmt sich aus den Formeln:

$$R \cdot h = \frac{R_g}{\Delta^2 y_g} \cdot a \cdot P$$

$$A = \frac{R_g}{\Delta^2 y_g} \cdot y_1 \cdot P$$

In diesen Formeln ist  $a = 308·2$  und  $y_1 = 211·9$  zu setzen.

Tabelle VI.  
Werthe von  $R \cdot h$  und  $A$ .

Stellung der Last $P$ in	I.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
$\frac{A}{P} = \frac{R_g}{\Delta^2 y_g} \cdot y_1$	0·152144	0·299627	0·438633	0·566833	0·681682	0·781911	0·866035	0·932572	0·980885	1·010127	1·019875
$\frac{R \cdot h}{P} = \frac{R_g}{\Delta^2 y_g} \cdot a$	0·221288	0·435765	0·637974	0·82428	0·991479	1·13726	1·259613	1·35639	1·426658	1·46919	1·483367

#### D) Bestimmung der Maximal-Transversalkräfte für den Versteifungsträger.

Da die Aussenkräfte bekannt sind, wurden in nachstehender Tabelle VII für jede Stellung der Einzellast, die in den einzelnen Feldern wirkenden Transversalkräfte bestimmt. Dabei ist die Transversalkraft links vom betrachteten Querschnitte, wenn sie aufwärts wirkt positiv, und daher die abwärts wirkende Transversalkraft negativ angenommen. Durch Addition der in jedem Felde wirkenden positiven und negativen Transversalkräfte erhält man die positiven und negativen Maxima.

Die Summe der beiden letzten Werthe gibt die Transversalkraft für die volle Belastung. Letztere kann auch aus den Maximal-Spannungen der Hängestangen direct bestimmt werden und es wurde zur Controle der Rechnung die Transversalkraft für die volle Belastung auch auf diese Art bestimmt.

#### E) Bestimmung der Spannungen in den Diagonalen des Versteifungsträgers.

Bezeichnen wir die schiefe Strebenkraft für ein beliebiges Feld mit  $D_m$ , so wird für die 1·2fache Verkehrslast, wenn man mit  $\mathfrak{B}_g$  und  $\mathfrak{B}_p$  die Transversalkräfte für die volle und einseitige Belastung durch die Knotenlasten Eins bezeichnet:

$$D_m = \sec \alpha \cdot (\mathfrak{B}_g G + \mathfrak{B}_p P_1)$$

Hierin ist:

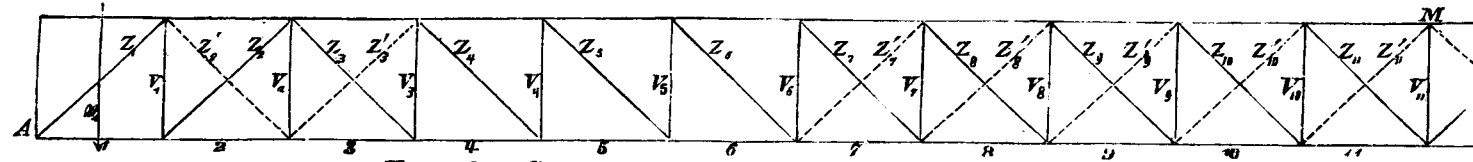
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{h} = \frac{3·082}{2·9} = 1·06276; \sec \alpha = 1·46$$

Die Diagonalen sind schlaff construirt und daher nur im Stande, Zugspannungen aufzunehmen. Diejenigen Diagonalen, welche bei der vollen Belastung des Trägers zur Wirksamkeit kommen, wollen wir Hauptdiagonalen nennen und mit  $Z_m$  bezeichnen, während die Gegendiagonalen mit  $Z'_m$  bezeichnet seien.



**Tabelle VIII.**  
Querschnitte der Diagonalen des Versteifungsbalkens.

Fig. 14.




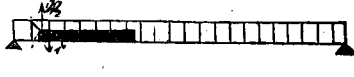
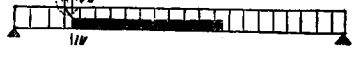



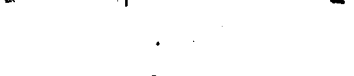

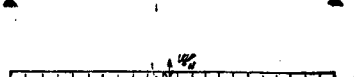
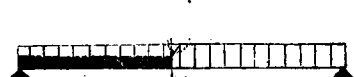

Knotenlast  $G = 11.218$  Tonnen;  $P_1 = 1.2 P = 8.876$  Tonnen.

Feld Nr.	Strebenkraft f. d. Knotenlast = 1			Werthe von $D_m$		Bezeichnung d. Diagonalen	Totale Spannung in Tonnen	$\varphi = \frac{\min}{\max}$	Zulässige Inanspruchnahme $i = 900 \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Theoret. Querschnitt $f = \frac{Z_{\max}}{i}$	Zuwachs bei Vermehrung der Hängestangenkräfte* um		Nothwendig. Querschnitt	Ausgef. Profil	Dimension	Ausgef. Netto-Querschnitt	Zahl und Diameter d. Anschluss-Nieten
	Volle Belastung $Z_g \sec \alpha$	Einseitige Belastung		Eigengew. $Z_g \sec \alpha \cdot G$	Zuf. Last $Z_p \sec \alpha \cdot P_1$ $\frac{\min}{\max}$						+ 0.17%	- 0.17%					
		$+ Z_p \sec \alpha$	$- Z_p \sec \alpha$														
1	- 5.754	+ 3.182	- 8.935	- 64.548	$\frac{- 79.807}{+ 28.243}$	$Z_1$	$\frac{36.805}{143.855}$	0.25	kg 1013	$\square$ cm 142**			$\square$ cm				
2	- 1.065	+ 3.208	- 4.275	- 11.947	$\frac{- 37.944}{+ 28.473}$	$Z_2$	$\frac{0}{49.891}$	0	900	55.4	4	—	59		4 (180 × 10)	63.2	4 × 6 à 22
					$Z'_2$	$\frac{0}{16.526}$	0	900	18.3	—	4	22		2 (180 × 8)	25.6	2 × 6 à 20	
3	+ 1.106	+ 3.329	- 2.225	+ 12.407	$\frac{- 19.749}{+ 29.548}$	$Z_3$	$\frac{0}{41.956}$	0	900	47	—	4	50		4 (180 × 8)	51.2	4 × 6 à 20
					$Z'_3$	$\frac{0}{7.342}$	0	900	8	3	—	11		2 (100 × 8)	12.8	2 × 2 à 22	
4	+ 2.293	+ 3.666	- 1.375	+ 25.723	$\frac{- 12.205}{+ 32.539}$	$Z_4$	$\frac{13.518}{58.262}$	0.23	1004	58	—	2	60		4 (180 × 10)	63.2	4 × 6 à 22
5	+ 1.987	+ 3.533	- 1.547	+ 22.290	$\frac{- 13.731}{+ 31.359}$	$Z_5$	$\frac{8.559}{53.649}$	0.16	972	55	—	2	57		4 (180 × 9)	57.6	4 × 6 à 22
6	+ 1.682	+ 3.617	- 1.938	+ 18.869	$\frac{- 17.202}{+ 32.104}$	$Z_6$	$\frac{1.667}{50.973}$	0.033	915	56	—	1	57		4 (180 × 9)	57.6	4 × 6 à 22
7	+ 1.376	+ 3.819	- 2.446	+ 15.436	$\frac{- 21.711}{+ 33.897}$	$Z_7$	$\frac{0}{49.333}$	0	900	55	—	2	57		4 (180 × 9)	57.6	4 × 6 à 22
					$Z'_7$	$\frac{0}{6.275}$	0	900	7	1	—	8		2 (100 × 7)	11.2	2 × 2 à 20	
8	+ 1.070	+ 3.987	- 2.919	+ 12.003	$\frac{- 25.909}{+ 35.389}$	$Z_8$	$\frac{0}{47.392}$	0	900	53	—	1	54		4 (180 × 9)	57.6	4 × 6 à 20
					$Z'_8$	$\frac{0}{13.906}$	0	900	15	—	—	15		2 (120 × 8)	16.0	2 × 4 à 20	
9	+ 0.764	+ 4.095	- 3.333	+ 8.571	$\frac{- 29.584}{+ 36.347}$	$Z_9$	$\frac{0}{44.918}$	0	900	50	—	1	51		4 (180 × 8)	51.2	4 × 6 à 20
					$Z'_9$	$\frac{0}{21.013}$	0	900	23	—	—	23		2 (160 × 9)	25.2	2 × 6 à 20	
10	+ 0.459	+ 4.127	- 3.671	+ 5.149	$\frac{- 32.584}{+ 36.631}$	$Z_{10}$	$\frac{0}{41.780}$	0	900	46	—	—	47		4 (180 × 8)	51.2	4 × 6 à 20
					$Z'_{10}$	$\frac{0}{27.435}$	0	900	30	—	—	30		2 (180 × 11)	34.8	2 × 6 à 22	
11	+ 0.153	+ 4.070	- 3.919	+ 1.716	$\frac{- 34.785}{+ 36.125}$	$Z_{11}$	$\frac{0}{37.841}$	0	900	42	—	—	42		4 (180 × 8)	51.2	4 × 6 à 20
					$Z'_{11}$	$\frac{0}{33.069}$	0	900	37	—	—	37		2 (180 × 14)	44.8	4 × 6 à 20	

\* Siehe unten Correction in Folge Längenänderung der Füllungslieder.

\*\* Siehe Endabschluss.

Tabelle IX.  
Querschnitte der Verticalen des Versteifungsträgers.

Schema der Belastung	Belastete Knotenpunkte	Max. Spannung durch die zuf. Last für die Knotenlast Eins	Spannung in Tonnen			Totales min max	$\varphi = \frac{\min}{\max}$	$i = 900 \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Theoretisch. Querschnitt $F = \frac{\max}{i}$
				1/2 × zuf. Last	perm. Last				
	VI — XXI I — XXI (Voll-Belastung)	$V_1 = - \left[ B_1 - \left( S_1 - \sum_1^5 R_1 \right) \right]$	— 6.12 + 3.589	— 2.531 P + 0.270 "	— 22.465 + 2.397	+ 3.029 <u>+ 5.426</u> — 19.436	— 0.279	kg 774	□cm — 25.1
	II — VII I — XXI (Voll-Belastung)	$V_2 = - [B_2 - 1]$	— (2.197 — 1)	— 1.197 " + 1.000 "	— 10.626 + 8.876	+ 11.218 <u>+ 0.592</u> + 20.094	+ 0.029	913	+ 22.0
	IV — XIII I — XXI (Voll-Belastung)	$V_3 = - \left[ B_3 - \sum_{IV}^{XIII} R_3 \right]$	— (2.5107 — 1.1086)	— 1.4021 " + 0.243 "	— 12.445 + 2.157	+ 2.726 <u>+ 4.883</u> — 9.719	— 0.502	674	— 14.4
	V — XV	$V_4 = - \left[ B_5 - \sum_V^{XV} R_4 \right]$	— (2.4197 — 0.5506)	— 1.8688 " — 1.8688 "	— 16.587 — 6.394	<u>— 6.394</u> — 22.981	+ 0.278	1025	— 22.4
	VI — XXI	$V_5 = - \left[ B_6 - \left( S_6 - \sum_1^V R_6 \right) \right]$	— (2.4776 — 0.6735)	— 1.8041 " — 1.8041 "	— 16.013 — 4.050	<u>— 4.050</u> — 20.063	+ 0.202	991	— 20.2
	VII — XXI	$V_6 = - \left[ B_7 - \left( S_6 - \sum_I^{VI} R_6 \right) \right]$	— (2.6159 — 0.6307)	— 1.9852 " — 1.9852 "	— 17.621 — 1.694	<u>— 1.694</u> — 19.315	+ 0.088	940	— 20.6
	VIII — XXI	$V_7 = - \left[ B_8 - \left( S_7 - \sum_I^{VII} R_7 \right) \right]$	— (2.7807 — 0.5839)	— 2.1474 " — 2.1474 "	— 19.060 + 0.651	<u>+ 0.651</u> — 18.409	— 0.035	884	— 20.8
	IX — XXI I — XXI (Voll-Belastung)	$V_8 = - \left[ B_9 - \left( S_8 - \sum_I^{VIII} R_8 \right) \right]$	— (2.8051 — 0.5322)	— 2.2729 " + 0.268 "	— 20.174 + 2.389	+ 3.006 <u>+ 5.395</u> — 17.168	— 0.314	759	— 22.6
	X — XXI I — XXI (Voll-Belastung)	$V_9 = - \left[ B_{10} - \left( S_9 - \sum_I^{IX} R_9 \right) \right]$	— (2.8269 — 0.4785)	— 2.3484 " + 0.477 "	— 20.844 + 4.234	+ 5.351 <u>+ 9.585</u> — 15.493	— 0.619	622	— 24.9
	XI — XXI I — XXI (Voll-Belastung)	$V_{10} = - \left[ B_{11} - \left( S_{10} - \sum_I^X R_{10} \right) \right]$	— (2.7876 — 0.4282)	— 2.8644 " + 0.686 "	— 20.986 + 6.089	+ 7.696 <u>— 13.290</u> + 13.785	— 0.964	466	— 28.5
	(Voll-Belastung)	$V_{11} = - \left[ B_{11} - \sum_I^X R_{11} \right]$	— (2.6845 — 0.8674)	— 2.3171 " + 0.792 "	— 20.567 + 7.080	+ 8.885 <u>— 11.682</u> + 15.915	— 0.734	570	— 20.5 + 27.9

Bemerkung: Das negative Vorzeichen für den theoretischen Querschnitt soll andeuten, dass der Stab auf Druck beansprucht wird.



In der Tabelle VIII auf S. 57 ist die Berechnung der Diagonalen zusammengestellt.

Man sieht, dass im I., IV., V. und VI. Felde keine Gegendiagonalen erforderlich sind. Man entschloss sich jedoch in allen Feldern Gegendiagonalen anzuordnen, sowohl aus ästhetischen Gründen als auch um den beim Passiren grosser centrirter Lasten durch Spannungsänderungen in den Hauptdiagonalen entstehenden Schwankungen im Versteifungsträger besser zu begegnen.

**F) Bestimmung der Spannungen in den Verticalen des Versteifungsträgers.**

a) Spannungen in den Verticalen durch die permanente Last. Mit Rücksicht auf die in Fig. 14 (S. 57) angedeutete Bezeichnung der Verticalen ergeben sich die Spannungen in denselben durch die permanente Last, wenn man das Gleichgewicht der unteren Knotenpunkte anschreibt, wie folgt:

$$\begin{aligned} V_1 &= -(0.730-1) G = +0.270 \cdot G = + 3.029 \\ V_2 &+ 1.000 \cdot G = + 11.218 \\ V_3 &= -(0.757-1) G = +0.243 \cdot G = + 2.726 \\ V_4 &= -(1.570-1) G = -0.570 \cdot G = - 6.394 \end{aligned}$$

Tonnen

$$V_5 = -(1.361-1) G = -0.361 \cdot G = - 4.050$$

$$V_6 = -(1.151-1) G = -0.151 \cdot G = - 1.694$$

$$V_7 = -(0.942-1) G = +0.058 \cdot G = + 0.651$$

$$V_8 = -(0.732-1) G = +0.268 \cdot G = + 3.006$$

$$V_9 = -(0.523-1) G = +0.477 \cdot G = + 5.351$$

$$V_{10} = -(0.314-1) G = +0.686 \cdot G = + 7.696$$

$$V_{11} = -(0.208-1) G = +0.792 \cdot G = + 8.885$$

b) Spannungen in den Verticalen durch die zufällige Last. Die Spannung durch die zufällige Last bestimmt sich aus der im linken oder rechten Felde von der Verticalen wirkenden Maximal-Transversalkraft, wozu noch die entsprechende Knotenbelastung zu addiren ist.

Die Berechnung wurde in den Tabellen IX (auf S. 58) und IX a durchgeführt, wo man auch die ungünstigsten Laststellungen angedeutet findet.

Es bedeutet hierin  $S_m$  die Spannung in der  $m^{\text{ten}}$  Hängestange, wenn sämtliche Knotenpunkte belastet sind, hingegen  $\sum_n^r S_m$  die Spannung, wenn die Knoten von  $n$  bis  $r$  belastet sind.

Tabelle IX a.  
Ausgeführte Querschnitte der Verticalen.

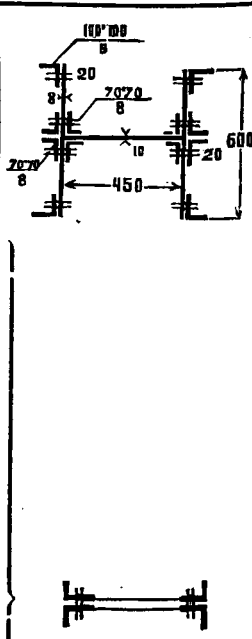
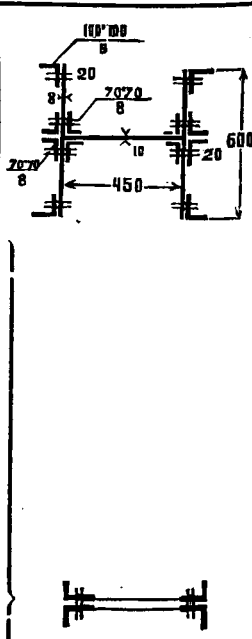
Bezeichnung	Theoret. Querschnitt	Zuwachs bei Vermehrung der Hängestangenkräfte um		Nothwendiger Querschnitt	Ausgeführtes Profil	Dimension	Netto-Querschnitt	Freie Länge	Knickungs-Coefficient $k$	Reducirter Querschnitt $\varphi = k \cdot f$	Zahl und Diameter der Anchl.-Niet.
		+ 0.170%	- 0.170%								
$V_0$	□cm — 151		2.0	— 153			□cm 261.4	cm		□cm	
$V_1$	— 25.1	0.3		— 25.4		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{9} \right)$	39.96	230	0.72	28.9	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_2$	+ 22.0		0.4	— 22.4		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_3$	— 14.4		0.2	— 14.6		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_4$	— 22.4		1.4	— 23.8		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_5$	— 20.2		1.3	— 21.5		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_6$	— 20.6		1.0	— 21.6		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_7$	— 20.8		0.8	— 21.6		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_8$	— 22.6		0.2	— 22.8		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_9$	— 24.9	0.3		— 25.2		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{9} \right)$	39.96	230	0.72	28.9	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_{10}$	— 28.5		0.9	— 29.4		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{10} \right)$	44.0	230	0.73	32.1	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$
$V_{11}$	— 20.5 + 27.9		0.7 —	— 21.2 27.9		$4 \left( \frac{70 \cdot 70}{8} \right)$	35.84	230	0.72	25.7	$4 \times 2 \text{ \AA } 24$ $+ 4 \times 2 \text{ \AA } 20$

Tabelle X.  
Spannungen in den Gurtungen des Versteifungsbalkens.  
Für jede Stellung der Einzellast Eins.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
Nr. des Knotenpunktes			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI							
Stellung der Last																				
P in	I	U <sub>m</sub> =	+ 0.9634	+ 0.8005	+ 0.6656	+ 0.5508	+ 0.4450	+ 0.3480	+ 0.2599	+ 0.1806	+ 0.1101	+ 0.0485	- 0.0042							
		O <sub>m</sub> =	- 0.7422	- 0.5793	- 0.4444	- 0.3296	- 0.2238	- 0.1268	- 0.0387	+ 0.0406	+ 0.1111	+ 0.1727	+ 0.2254							
"	II	U <sub>m</sub> =	+ 0.8656	+ 1.6062	+ 1.3389	+ 1.1115	+ 0.9016	+ 0.7091	+ 0.5341	+ 0.3764	+ 0.2362	+ 0.1185	+ 0.0081							
		O <sub>m</sub> =	- 0.4298	- 1.1704	- 0.9031	- 0.6757	- 0.4658	- 2.733	- 0.0983	+ 0.0594	+ 0.1996	+ 0.3223	+ 0.4277							
"	III	U <sub>m</sub> =	+ 0.7707	+ 1.3584	+ 2.0263	+ 1.6900	+ 1.3792	+ 1.0939	+ 0.8340	+ 0.5999	+ 0.3911	+ 0.2079	+ 0.0502							
		O <sub>m</sub> =	- 0.1827	- 0.7204	- 1.3883	- 1.0520	- 0.7412	- 0.4559	- 0.1961	+ 0.0381	+ 0.2469	+ 0.4301	+ 0.5878							
"	IV	U <sub>m</sub> =	+ 0.6792	+ 1.1221	+ 1.6687	+ 2.2909	+ 1.8833	+ 1.5081	+ 1.1670	+ 0.8584	+ 0.5827	+ 0.3400	+ 0.1303							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.1450	- 0.2979	- 0.8445	- 1.4667	- 1.0591	- 0.6845	- 0.3428	- 0.0342	+ 0.2415	- 0.4842	+ 0.6939							
"	V	U <sub>m</sub> =	+ 0.5925	+ 0.9005	+ 1.3334	+ 1.8572	+ 2.4206	+ 1.9609	+ 1.5409	+ 1.1606	+ 0.8199	+ 0.5188	+ 0.2575							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.3969	+ 0.0909	- 0.3420	- 0.8658	- 1.4292	- 0.9695	- 0.5495	- 0.1692	+ 0.1715	+ 0.4726	+ 0.7339							
"	VI	U <sub>m</sub> =	+ 0.5105	+ 0.6948	+ 1.0223	+ 1.4540	+ 1.9813	+ 2.4540	+ 1.9594	+ 1.5104	+ 1.1068	+ 0.7487	+ 0.4361							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.6267	+ 0.4424	+ 0.1149	- 0.3168	- 0.7941	- 1.3168	- 0.8222	- 0.3732	+ 0.0804	+ 0.3885	+ 0.7011							
"	VII	U <sub>m</sub> =	+ 0.4340	+ 0.5066	+ 0.7379	+ 1.0846	+ 1.4817	+ 1.9292	+ 2.4272	+ 1.9126	+ 1.4485	+ 1.0347	+ 0.6714							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.8256	+ 0.7540	+ 0.5217	+ 0.1750	- 0.2221	- 0.6696	- 1.1676	- 0.6530	- 0.1889	+ 0.2249	+ 0.5882							
"	VIII	U <sub>m</sub> =	+ 0.3634	+ 0.3376	+ 0.4626	+ 0.7520	+ 1.0757	+ 1.4536	+ 1.8857	+ 2.3720	+ 1.8501	+ 1.3822	+ 0.9686							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.9980	+ 1.0188	+ 0.8738	+ 0.6044	+ 0.2807	- 0.0972	- 0.5293	- 1.0156	- 0.4937	- 0.0258	+ 0.3878							
"	IX	U <sub>m</sub> =	+ 0.2988	+ 0.1885	+ 0.2575	+ 0.4575	+ 0.7146	+ 1.0288	+ 1.4000	+ 1.8283	+ 2.3136	+ 1.7932	+ 1.3299							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.1278	+ 1.2381	+ 1.1691	+ 0.9691	+ 0.7120	+ 0.3978	+ 0.0366	- 0.4017	- 0.8870	- 0.3666	+ 0.0967							
"	X	U <sub>m</sub> =	+ 0.2407	+ 0.0600	+ 0.0642	+ 0.2031	+ 0.4008	+ 0.6573	+ 0.9725	+ 1.3465	+ 1.7793	+ 2.2709	+ 1.7584							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.2285	+ 1.4092	+ 1.4050	+ 1.2661	+ 1.0684	+ 0.8119	+ 0.4967	+ 0.1227	- 0.3101	- 0.8017	- 0.2892							
"	XI	U <sub>m</sub> =	+ 0.1892	- 0.0472	- 0.0969	- 0.0105	+ 0.1352	+ 0.3402	+ 0.6046	+ 0.9283	+ 1.3114	+ 1.7583	+ 2.2555							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.2942	+ 1.5306	+ 1.5303	+ 1.4939	+ 1.3483	+ 1.1432	+ 0.8788	+ 0.5551	+ 0.1720	- 0.2704	- 0.7721							
"	XII	U <sub>m</sub> =	+ 0.1489	- 0.1332	- 0.2257	- 0.1834	- 0.0823	+ 0.0776	+ 0.2962	+ 0.5736	+ 0.9098	+ 1.3047	+ 1.7584							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.3253	+ 1.6024	+ 1.6949	+ 1.6526	+ 1.5515	+ 1.3916	+ 1.1730	+ 0.8956	+ 0.5594	+ 0.1645	- 0.2892							
"	XIII	U <sub>m</sub> =	+ 0.1056	- 0.1980	- 0.3222	- 0.3154	- 0.2516	- 0.1306	+ 0.0488	+ 0.2824	+ 0.5748	+ 0.9229	+ 1.3299							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.3210	+ 1.6246	+ 1.7488	+ 1.7420	+ 1.6782	+ 1.5572	+ 1.3778	+ 1.1442	+ 0.8518	+ 0.5037	+ 0.0967							
"	XIV	U <sub>m</sub> =	+ 0.0735	- 0.2421	- 0.3869	- 0.4074	- 0.3736	- 0.2855	- 0.1432	+ 0.0532	+ 0.3042	+ 0.6092	+ 0.9686							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.2829	+ 1.5985	+ 1.7433	+ 1.7638	+ 1.7300	+ 1.6419	+ 1.4996	+ 1.3032	+ 1.0522	+ 0.7472	+ 0.3876							
"	XV	U <sub>m</sub> =	+ 0.0475	- 0.2673	- 0.4216	- 0.4613	- 0.4507	- 0.3896	- 0.2781	- 0.1164	+ 0.0958	+ 0.3584	+ 0.6714							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.2121	+ 1.5269	+ 1.6812	+ 1.7209	+ 1.7103	+ 1.6492	+ 1.5377	+ 1.3760	+ 1.1638	+ 0.9012	+ 0.5882							
"	XVI	U <sub>m</sub> =	+ 0.0274	- 0.2714	- 0.4270	- 0.4784	- 0.4842	- 0.4446	- 0.3594	- 0.2288	- 0.0526	+ 0.1690	+ 0.4361							
		O <sub>m</sub> =	+ 1.1098	+ 1.4086	+ 1.5642	+ 1.6156	+ 1.6214	+ 1.5818	+ 1.4966	+ 1.3660	+ 1.1893	+ 0.9682	+ 0.7011							
"	XVII	U <sub>m</sub> =	+ 0.0128	- 0.2589	- 0.4058	- 0.4617	- 0.4779	- 0.4545	- 0.3914	- 0.2887	- 0.1463	+ 0.0358	+ 0.2575							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.9786	+ 1.2503	+ 1.3972	+ 1.4531	+ 1.4693	+ 1.4459	+ 1.3328	+ 1.2301	+ 1.1377	+ 0.9556	+ 0.7339							
"	XVIII	U <sub>m</sub> =	+ 0.0029	- 0.2306	- 0.3603	- 0.4144	- 0.4336	- 0.4237	- 0.3789	- 0.3010	- 0.1903	- 0.0465	+ 0.1303							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.8213	+ 1.0548	+ 1.1845	+ 1.2386	+ 1.2573	+ 1.2479	+ 1.2031	+ 1.1252	+ 1.0145	+ 0.8707	+ 0.6939							
"	XIX	U <sub>m</sub> =	- 0.0023	- 0.1875	- 0.2925	+ 0.3390	- 0.3600	- 0.3554	- 0.3253	- 0.2697	- 0.1886	- 0.0819	+ 0.0502							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.6403	+ 0.8255	+ 0.9305	+ 0.9770	+ 0.9980	+ 0.9934	+ 0.9638	+ 0.9077	+ 0.8266	+ 0.7199	+ 0.5878							
"	XX	U <sub>m</sub> =	- 0.0039	- 0.1329	- 0.2070	- 0.2411	- 0.2578	- 0.2571	- 0.2339	- 0.2032	- 0.1502	- 0.0798	+ 0.0081							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.4397	+ 0.5687	+ 0.6428	+ 0.6769	+ 0.6936	+ 0.6929	+ 0.6747	+ 0.6390	+ 0.5860	+ 0.5156	+ 0.4277							
"	XXI	U <sub>m</sub> =	- 0.0028	- 0.0690	- 0.1074	- 0.1255	- 0.1347	- 0.1351	- 0.1266	- 0.1093	- 0.0831	- 0.0481	- 0.0042							
		O <sub>m</sub> =	+ 0.2240	+ 0.2902	+ 0.3286	+ 0.3467	+ 0.3559	+ 0.3563	+ 0.3478	+ 0.3305	+ 0.3043	+ 0.2693	+ 0.2254							
Belastung	Voll Einseitig	{	Untergurt . . .	+ 6.3216	+ 7.5742	+ 9.5974	+ 11.4516	+ 12.7690	+ 13.5613	+ 13.9303	+ 13.9832	+ 13.8343	+ 13.6122	+ 13.4765						
				- 0.0090	- 2.0381	- 3.2533	- 3.4381	- 3.8064	- 2.8761	- 2.2418	- 1.5171	- 0.8111	- 0.2563	- 0.0084						
				+ 15.9947	+ 18.2345	+ 18.5808	+ 17.6957	+ 16.4753	+ 14.9110	+ 13.0685	+ 11.1834	+ 9.8591	+ 9.1112	+ 8.8850						
				- 1.3047	- 2.7680	- 3.9233	- 4.7066	- 4.9353	- 4.5936	- 3.7445	- 2.6469	- 1.8797	- 1.4645	- 1.3505						
{	Obergurt . . .	+ 6.3120	+ 5.5361	+ 6.3441	+ 8.0135	+ 9.4626	+ 10.6852	+ 11.6885	+ 12.4661	+ 13.0232	+ 13.3559	+ 13.4681								
		+ 14.6900	+ 15.4665	+ 14.6585	+ 12.9891	+ 11.5400	+ 10.3174	+ 9.3240	+ 8.5365	+ 7.9794	+ 7.6467	+ 7.5345								

### G) Bestimmung der Spannungen in den Gurtungen des Versteifungsbalkens.

Wenn die Einzellast Eins in der Verticalen  $gg'$  irgend einer Hängestange angreift, so ist das Moment für den Querschnitt in  $x = m a$

$$M = y_m \cdot h \Re_g + a \cdot k_1, \text{ oder, da } h = \frac{a}{\Delta^2 y_g}$$

$$M = y_m \frac{a \cdot \Re_g}{\Delta^2 y_g} + a \cdot k_1,$$

wobei für die Lage der Einzellast in der Entfernung  $= n a$

von der linken Stütze,  $k_1 = m \left(1 - \frac{n}{22}\right)$  sobald  $m \leq n$  und

$$k_1 = n \left(1 - \frac{m}{22}\right) \quad " \quad m > n$$

zu setzen ist und  $\Re_g$  die Spannung in der Hängestange  $gg'$  und  $y_g$  die Ordinate des Bogens in der Verticalen  $gg'$  bedeutet.

Führt man einen Schnitt, welcher nur den  $m^{\text{ten}}$  untern Knotenpunkt und den Obergurt trifft, so ist die Spannung in diesem Gurtstücke:

$$O_m = -\frac{a}{h} \left( y_m \frac{\Re_g}{\Delta^2 y_g} + k_1 \right) + \frac{\Re_g \cdot a}{2 \Delta^2 y_g}$$

$$= -\frac{a}{h} (A' + k_1) + \frac{\Re_g h}{2}$$

wenn

$$y_m \cdot \frac{\Re_g}{\Delta^2 y_g} = A'$$

gesetzt und beachtet wird, dass

$$\frac{\Re_g \cdot a}{\Delta^2 y_g} = \Re h \text{ ist,}$$

während für einen Schnitt, welcher den  $m^{\text{ten}}$  obern Knotenpunkt und den Untergurt trifft:

$$U_m = \frac{a}{h} \left( y_m \frac{\Re_g}{\Delta^2 y_g} + k_1 \right) + \frac{\Re_g \cdot a}{2 \Delta^2 y_g}$$

$$= +\frac{a}{h} (A' + k_1) + \frac{\Re h}{2}$$

Addirt man für jedes Gurtstück die positiven und negativen Werthe der Spannungen, welche sich durch alle möglichen Laststellungen ergaben, so erhält man die positiven und negativen Maxima der Gurtspannungen für die einseitige Belastung.

Die Summe der auf solche Weise für jedes Gurtstück bestimmten Grenzspannungen muss die Spannung für die volle Belastung geben.

Die hiernach gefundenen Werthe sind in Tabelle X enthalten.

Nachdem die Gurtspannungen für die permanente und zufällige Knotenlast Eins bestimmt sind, wurden in der Tabelle XI (auf Seite 62 und 63) die Spannungen für die Knotenlasten  $G$  und  $1.2 P$  bestimmt und daraus die nothwendigen Querschnitte ermittelt.

### H) Die Correctionsglieder.

1. Einfluss des Verhältnisses: Bogenquerschnitt zum Gurtungsquerschnitt des Balkens.

Bezeichnen wir mit  $f$  den Querschnitt des Bogens im Scheitel und mit  $f_1$  den mittleren Querschnitt der beiden

Gurtungen des Versteifungsträgers, so lag der Berechnung die Voraussetzung zu Grunde, dass

$$f_1 = \frac{f}{2}$$

Die Rechnung ergibt: mittlerer theoretischer Querschnitt der Gurtungen:  $f_1 = 203 \square^{\text{cm}}$ .

Querschnitt im Bogenscheitel  $367 \square^{\text{cm}}$  + Zuschlag für Knickung  $2.30\%$  und allgemeiner Zuschlag  $10\%$ , somit  $f = 367 + 3.3 = 379 \square^{\text{cm}}$  daher

$$f_1 = \frac{203}{379} \cdot f = \frac{1}{1.87} \cdot f.$$

Führt man diesen Werth in die Formel ein, so wird die Spannung in der Hängestange:

$$S_m = \Delta^2 y_m \cdot \frac{\sum k \cdot y}{0.0174 \cdot l \cdot \frac{h^2}{a} + \sum y^2 + \frac{h^2}{3.74 a^2} \cdot \sum \Delta^2 y \cdot y} \cdot Q$$

$$S_m = 0.06789 \Delta^2 y_m \cdot Q \text{ gegenüber von}$$

$$S_m = 0.06815 \Delta^2 y_m \cdot Q$$

d. i. um  $0.38\%$  kleiner.

### 2. Einfluss der Längenänderungen der Hängestangen.

Das ungefähre Verhältniss vom mittleren ausgeführten Querschnitte der Hängestangen zum ausgeführten Bogenquerschnitt im Scheitel ist:

$$m = 0.08.$$

Die wirkliche Spannung in den Hängestangen somit:

$$S_m = \frac{S'_m}{x} \text{ und}$$

$$x = 1 + \frac{\Delta^2 y_m}{m \cdot a} \cdot \frac{\frac{h^2}{4 a^2} \sum \Delta^2 y \cdot y}{\sum y^2 + \frac{h^2}{4 a^2} \sum \Delta^2 y \cdot y}$$

Für die mittleren Hängestangen  $S_4 - S_{12}$  ist  $\Delta^2 y_m = 11.6$  und es wird

$$x = 1.00223$$

daher

$$S_m = S'_m \times 0.9977$$

d. i. um  $0.23\%$  kleiner.

### 3. Einfluss der Längenänderungen der Füllungsglieder des Versteifungsträgers.

Wir untersuchen den Einfluss für die volle Belastung. Bezeichnet man mit  $Z_m$  und  $V_m$  die Spannungen in den Diagonalen und Verticalen, wenn sämtliche Knotenpunkte mit der Knotenlast Eins belastet sind, so wird der genaue Werth:

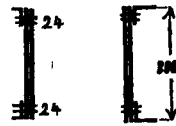
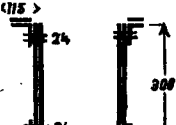


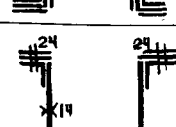


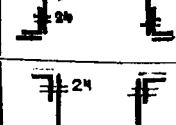
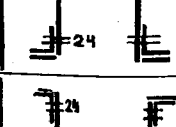
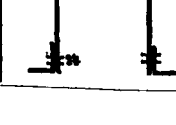
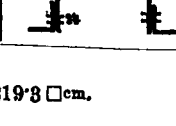
$$S_m = S'_m \times x$$

worin

$$x = 1 + \frac{h \frac{a^2 + h^2}{4 a^3 n} \sum (Z_m - Z'_m) y_m + \frac{h^3}{4 a^3 \cdot r} \sum (V_m - V'_m) \cdot y_m}{\sum \sum k \cdot y}$$

Die Verhältnisse der mittleren Querschnitte der Diagonalen und der Verticalen zum Bogenquerschnitt im Scheitel sind annähernd:

$$n = 0.15 \text{ und } r = 0.11.$$

Bezeichnung	Spannungen durch das Eigengewicht		Spannungen durch die Verkehrslast		Totales min max	$\frac{\min}{\max}$ $\varphi =$	$\left( \frac{9-1}{1+9} \right)$ $i = 900$	Theoretisch. Querschnitt $F = \frac{\text{tot. max}}{i}$	$R + 0.170\%$	Nothwendiger Querschnitt	Ausgeführtes Profil	Netto-Inhalt
	$\times G$	Tonnen	$\frac{\min}{\max}$ $\times P_1$	$\frac{\min}{\max}$ Tonnen								
$O_1$	10-500	117.79	$\frac{0}{10.50}$	$\frac{0}{+93.20}$	$\frac{+117.79}{210.99}$	0.56	1152	183.1	3	186		4 Stehbleche $300/14 \text{ à } 35.28 = 141.12$ 4 Winkel. $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ Summe . . 225.88
$O_0$	14-69	164.79	$\frac{-1.30}{+15.99}$	$\frac{-11.54}{+141.93}$	$\frac{153.25}{306.72}$	0.50	1125	272.6	7	280		4 Bleche . . $300/14 \text{ à } 35.28 = 141.12$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ 4 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.8 = 55.20$ Summe . . 281.08
$O_3$	14-66	164.46	$\frac{-3.92}{+18.58}$	$\frac{-34.79}{+164.92}$	$\frac{129.67}{329.38}$	0.39	1076	806.1	11	817		4 Bleche . . $300/14 \text{ à } 34.72 = 138.88$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 20.93 = 83.72$ 8 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.80 = 110.40$ Summe . . 333.00
$O_4$	12-99	145.72	$\frac{-4.71}{+17.70}$	$\frac{-41.81}{+157.11}$	$\frac{103.91}{302.83}$	0.34	1053	287.6	12	299		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 39.2 = 70.56$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ 8 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.8 = 110.40$ 4 " $70/8 \text{ à } 3.64 = 14.56$ Summe . . 280.28
$O_5$	11-54	129.46	$\frac{-4.94}{+16.48}$	$\frac{-43.85}{+146.28}$	$\frac{85.61}{275.74}$	0.31	1040	265.1	13	278		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 42.00 = 84.00$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ 8 Flacheisen $115/12 \text{ à } 10.92 = 87.36$ Summe . . 256.12
$O_6$	10-32	115.77	$\frac{-4.59}{+14.91}$	$\frac{-40.74}{+132.34}$	$\frac{75.03}{248.11}$	0.30	1035	239.7	13	253		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 42.00 = 84.00$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ 8 Flacheisen $115/12 \text{ à } 10.92 = 87.36$ Summe . . 256.12
$O_7$	9-32	104.55	$\frac{-3.74}{+13.07}$	$\frac{-38.20}{+116.01}$	$\frac{71.35}{220.56}$	0.32	1044	211.2	14	225		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 35.28 = 70.56$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ 4 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.8 = 55.20$ Summe . . 210.52
$O_8$	8-54	95.80	$\frac{-2.65}{+11.18}$	$\frac{-23.52}{+99.23}$	$\frac{72.28}{195.03}$	0.37	1067	182.8	15	198		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 35.28 = 70.56$ 4 Winkel $\frac{100.100}{13} \text{ à } 21.19 = 84.76$ 4 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.8 = 55.20$ Summe . . 210.52
$O_9$	7-98	89.51	$\frac{-1.88}{+9.86}$	$\frac{-16.69}{+87.52}$	$\frac{72.82}{177.08}$	0.41	1085	163.1	15	178		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 35.28 = 70.56$ 4 Winkel $\frac{100.100}{11} \text{ à } 18.15 = 72.60$ 4 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.8 = 55.20$ Summe . . 198.36
$O_{10}$	7-65	85.82	$\frac{-1.46}{+9.11}$	$\frac{-12.96}{+80.86}$	$\frac{72.86}{166.68}$	0.44	1098	151.8	16	168		2 Bleche . . $300/14 \text{ à } 35.28 = 70.56$ 4 Winkel $\frac{100.100}{11} \text{ à } 18.15 = 72.60$ 2 Flacheisen $115/12 \text{ à } 13.8 = 27.60$ Summe . . 170.76
$O_{11}$	7-54	84.58	$\frac{-1.35}{+8.89}$	$\frac{-11.98}{+78.91}$	$\frac{72.60}{163.49}$	0.44	1098	148.9	17	166		

## XI.

## Gurtungen des Versteifungsträgers.

## Untergurt.

Bezeichnung	Spannungen durch das Eigengewicht		Spannungen durch die Verkehrslast		Totales min max Tonn.	$\frac{\min}{\max}$	$\frac{8+29}{1+900}$	Theoretisch. Querschnitt $f = \frac{\text{tot. max.}}{i}$	$R + 0.17\%$	Notwendiger Querschnitt	Ausgeführtes Profil	Netto-Inhalt
	$\times G$	Tonnen	$\frac{\min}{\max}$ $\times F_1$	$\frac{\min}{\max}$ Tonnen								
$U_0$	6.31	70.79	0 + 6.32	0 + 56.096	$\frac{70.79}{126.89}$	0.56	kg 1152	$\square$ cm 110.1	1.4	111.5		2 Bleche . 300/14 à 35.28 = 70.56 4 Winkel . $\frac{100 \cdot 100}{9}$ à 15.03 = 60.12 Summe . . 130.68
$U_1$	5.54	62.15	- 2.038 + 7.57	- 18.09 + 67.19	$\frac{44.06}{129.34}$	0.34	1053	122.8	2.5	125.3		
$U_2$	5.54	62.15	- 2.038 + 7.57	- 18.09 + 67.19	$\frac{44.06}{129.34}$	0.34	1053	122.8	2.5	125.3		
$U_3$	6.34	71.12	- 3.25 + 9.59	- 28.85 + 85.12	$\frac{42.27}{156.24}$	0.27	1022	152.9	4	156.9		2 Bleche . 300/14 à 35.28 = 70.56 4 Winkel . $\frac{100 \cdot 100}{9}$ à 15.03 = 60.12 4 Flacheisen 115/13 à 14.95 = 59.80 Summe . . 190.48
$U_4$	8.01	89.86	- 3.44 + 11.45	- 30.53 + 101.63	$\frac{59.33}{191.49}$	0.31	1040	184.1	5.2	189.3		
$U_5$	9.46	106.12	- 3.31 + 12.77	- 29.38 + 113.35	$\frac{76.74}{219.47}$	0.35	1058	207.4	6.3	213.7		2 Bleche . 300/14 à 35.28 = 70.56 4 Winkel . $\frac{100 \cdot 100}{13}$ à 21.19 = 84.76 4 Flacheisen 115/13 à 14.95 = 59.80 Summe . . 215.12
$U_6$	10.68	119.81	- 2.88 + 13.56	- 25.56 + 120.36	$\frac{94.25}{240.17}$	0.39	1076	223.2	8.6	231.8		2 Bleche . 300/14 à 35.28 = 70.56 4 Winkel . $\frac{100 \cdot 100}{13}$ à 21.19 = 84.76 4 Flacheisen 115/13 à 14.95 = 59.80 4 „ 70/10 à 4.6 = 18.4 Summe . . 233.52
$U_7$	11.69	131.14	- 2.24 + 13.93	- 19.88 + 123.64	$\frac{111.26}{254.78}$	0.44	1098	232.0	10.5	242.8		2 Bleche . 300/14 à 35.28 = 70.56 4 Winkel . $\frac{100 \cdot 100}{13}$ à 21.19 = 84.76 4 Flacheisen 115/13 à 14.95 = 59.80 4 „ 90/14 à 9.24 = 36.96 Summe . . 252.08
$U_8$	12.46	139.78	- 1.52 + 13.98	- 13.49 + 124.09	$\frac{126.29}{263.87}$	0.48	1116	236.4	11.5	247.9		
$U_9$	13.02	146.06	- 0.81 + 13.83	- 7.19 + 122.76	$\frac{138.87}{268.82}$	0.52	1134	237.1	12.2	249.3		
$U_{10}$	13.35	149.76	- 0.26 + 13.61	- 2.31 + 120.80	$\frac{147.45}{270.56}$	0.55	1147	235.9	13.9	249.8		

Arithmetisches Mittel von  $f = 187.7 \square \text{cm}$ Arithmetisches Mittel der Querschnitte von Ober- und Untergurt =  $\frac{219.3 + 187.7}{2} = 203.5 \square \text{cm}$

Es ist daher

$$h \frac{a^2 + h^2}{4a^3n} = 290. \frac{(308.2^2 + 290^2)}{4 \times 308.2^3 \times 0.15} = 3$$

**und**

$$\frac{h^3}{4a^3r} = \frac{290^3}{4 \times 308.2^3 \times 0.11} = 2.$$

Die Berechnung der Werthe von  $(Z_m - Z_m') \cdot y_m$  und  $(V_m V_m') y_m$  ergab:

$$\sum_0^1 (Z_m - Z_m') y_m = + 568.5; \sum_0^1 (V_m - V_m') y_m = + 390.$$

somit der Correctionscoefficient:

$$x = 1 + \frac{3 \times 568 + 2 \times 390}{312\,413} = 1.0078$$

d. i.  $S_m$  um  $0.78\%$  grösser als  $S_m'$ .

Für die volle Belastung werden daher die Hängestangenkräfte um  $-0.38 - 0.23 + 0.78 = 0.17\%$  grösser.

Es werden sich somit die Spannungen im Bogen bei voller Belastung um 0.17% vergrössern. Wie schon oben erwähnt wurde, wird zum theoretischen Querschnitt 1% zugeschlagen.

Etwas weitläufiger wird die Untersuchung aller dieser Einflüsse auf den Versteifungsbalken. Eine angenäherte Untersuchung gibt, dass die Hängestangenkräfte bei einseitiger Belastung kleiner werden.

Wir hielten nun fest, dass die Hängestangenkräfte  $R$  sowohl bei Einzellasten als bei voller Belastung um 0.17% grösser als 0.17% kleiner werden können und wurde auch im Vorstehenden auf dieser Basis die Bestimmung der theoretischen Querschnitte des Versteifungsbalkens vorgenommen.

### 10. Alternative einfachere Berechnungsart.

a) Ermittlung der Spannungen im Versteifungsträger.

Die vorhergehende theoretische Untersuchung und Berechnung des hier behandelten combinirten Trägersystems ist unter Annahme gelenkartiger Knotenverbindungen auf Grund der elastischen Formveränderung durchgeführt. Die Berechnung der Werthe für die Grundformeln 16, 19 und 20 ist weder schwierig, noch besonders mühsam. Dagegen ist die angewendete Berechnungsmethode für die Gurtspannungen des Versteifungsträgers sehr zeitraubend (siehe Tabelle X), so dass es wünschenswerth erscheint, auf eine Vereinfachung derselben bedacht zu sein. Im Nachfolgenden entwickeln wir eine Methode, die weit schneller zum Ziele führt und genügend genaue Resultate liefert.

Gl. 21 gibt den Horizontalzug, der vom Bogen gegen den Versteifungsbalken ausgeübt wird, für die in der Hängestange  $g$  angreifende Einzelbelastung = Eins. Es ist nämlich:

$$\Re. \eta = \frac{\Re. \kappa}{\Delta^2 y_\sigma} a \dots \dots \dots (21)$$

Da  $\mathfrak{R}_g = \frac{1}{2} R_g$  und nach Gl. 16

$$R_g = \frac{\Delta^2 y_g \sum_0^1 k y}{\sum_0^1 y^2 + \frac{h^2}{4a^2} \sum_0^1 y \cdot \Delta^2 y}$$
 ist, so folgt

$$\Re \eta = \frac{1}{2} \frac{\alpha \sum k y}{\sum y^2 + \frac{k^2}{4 \alpha^2} \sum y \cdot \Delta^2 y} \quad . \quad . \quad 22$$

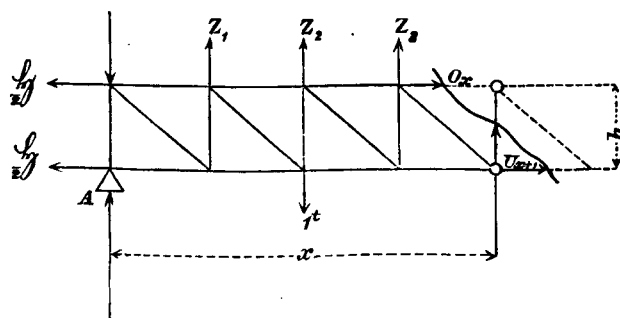
Mit Hilfe dieser Gleichung werden für jede Lage der Einzellast = Eins die Horizontalzüge berechnet und im Lastorte als Ordinaten aufgetragen, wodurch eine Curve — die „Horizontaldruck-Curve“ — entsteht.

Im vorliegenden Falle sind die Ordinatenwerthe derselben in Tabelle VI, zweite Reihe, enthalten.

Wird ausserdem die Gerade der linken Auflagerdrücke für die fortschreitende Lasteinheit eingezeichnet, — indem über der linken Stütze die Einheit des Maassstabes der Horizontaldruck-Curve aufgetragen und der so erhaltene Punkt mit dem rechten Auflagerpunkte verbunden wird, — so ist für jede Lastlage sowohl der verticale Auflagerdruck als der Horizontalzug direct der Zeichnung zu entnehmen.

Handelt es sich nun um die Berechnung der Spannung eines Gurtstückes, so ist mit Rücksicht auf die nachstehende Fig. a:

**Fig. a**



$$M_x - m_x + \frac{S}{2} \cdot h - U_{x+1} \cdot h = 0,$$

**Hierbei bedeuten:**

$M_x$  das Moment der äusseren verticalen Kräfte in Folge der Aussenbelastung und

$m_x$  das Moment der Hängestangenkräfte in Bezug zum Knotenpunkte  $x$ ,

$\bar{Q}$  ist die Ordinate der Horizontaldruck - Curve im Lastorte.

Betrachtet man das Bogenpolygon als Stützlinie oder Seilpolygon der Hängestangenkräfte, so ist

$$m_x = \xi \cdot y.$$

Für  $\mathcal{M}_x$  erhält man bei derselben Poldistanz  $\mathfrak{P}$ :  $\mathcal{M}_x = \mathfrak{P} \cdot z$ , wenn  $z$  bzw.  $y$  die Abstände des Seilpolygons von der horizontalen Schlusslinie in  $x$  sind.

**Hiernach ist:**

$$U_{x+1} = \frac{\mathfrak{S}}{h} \left[ z - \left( y - \frac{h}{2} \right) \right].$$

Trägt man von dem Polygonpunkte  $(xy)$   $\frac{h}{2}$  nach abwärts auf, so erhält man demnach einen Punkt, auf welchen das Moment, wie auf einen Kernpunkt bezogen werden kann.

## Nennen wir

$$z - \left(y - \frac{h}{2}\right) = e_n,$$



so ist einfach

$$U_{x+1} = \frac{\mathfrak{H} \cdot e_u}{h}.$$

Für die Spannung des Obergurtes ergibt sich in ähnlicher Weise:

$$M_x - m_x - \frac{\mathfrak{H} h}{2} + O_x \cdot h = 0 \text{ oder}$$

$$-O_x = \frac{\mathfrak{H}}{h} \left[ z - \left( y + \frac{h}{2} \right) \right]$$

Hier hätten wir sonach jenen Momentenpunkt  $\frac{h}{2}$  über  $xy$  aufzutragen.

Mit

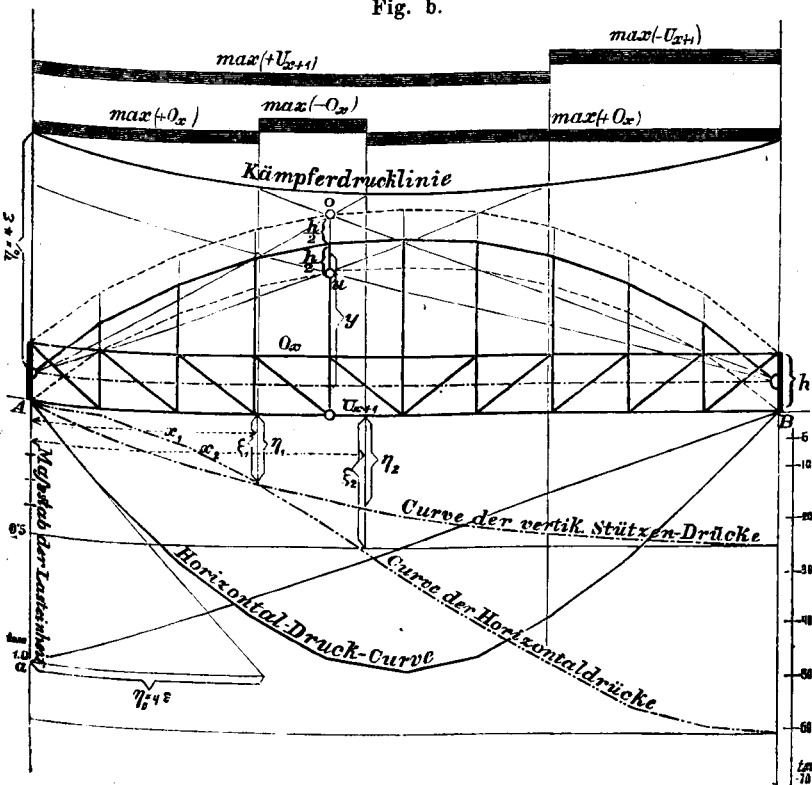
$$z - \left( y + \frac{h}{2} \right) = e_o, \text{ folgt:}$$

$$-O_x = \frac{\mathfrak{H}}{h} \cdot e_o.$$

Die Abstände  $e_u$  und  $e_o$  können dann direct aus der Zeichnung abgegriffen werden. Der Rechnungsvorgang ist nun der folgende:

Zuerst wird der Abstand  $\frac{h}{2}$  über jedem Punkte des Bogenpolygons nach auf- und abwärts aufgetragen, wodurch eine Reihe von Punkten ober- und unterhalb der Bogenachse entsteht, die eine den Kernpunkten ähnliche Rolle spielen.

Fig. b.



Für irgend eine Lage der Einzellast wird der linke Stützendruck  $\mathfrak{U}$  und der Horizontaldruck  $\mathfrak{H}$  in der oben-erwähnten Weise aus der Zeichnung entnommen und damit das Momentenpolygon konstruiert.

Bei fortschreitender Einzellast bewegt sich der mit dem Lastorte correspondirende Scheitelpunkt des Momentendreieckes in einer Curve, welche als „Kämpferdrucklinie“ bekannt ist.

Es kommt also hier nur darauf an, diese Curve zu construiren, mit deren Hilfe dann die ungünstigsten Belastungen leicht ermittelt werden können.

Für  $e_u = 0$  wird  $U_{x+1} = 0$ ; hiernach bestimmt sich die Lastscheide für  $U_{x+1}$ , sowie jene für  $O_x$ , wenn  $e_o = 0$  gesetzt wird. (Fig. b.)

Sind isolirte Lasten vorhanden, so kann man den Stützendruck, bezw. den Horizontalzug, ebenfalls leicht bestimmen, da für die Einzellasten  $P_1 P_2 P_3 \dots$  der linke verticale Auflagerdruck

$$A = \Sigma P \cdot \mathfrak{U} \text{ und der Horizontalzug} \\ H = \Sigma P \cdot \mathfrak{H} \text{ ist,}$$

wobei die  $\mathfrak{U}$  und  $\mathfrak{H}$  die den Lastorten entsprechenden Ordinaten der Geraden  $aB$ , bezw. der Horizontaldruck-Curve sind.

Ist die Belastung gleichmässig vertheilt auf der Strecke zwischen  $x_1$  und  $x_2$ , so folgt für den Verticaldruck und Horizontalschub

$$A = p \int_{x_1}^{x_2} \mathfrak{U} dx \\ H = p \int_{x_1}^{x_2} \mathfrak{H} dx$$

Diese Grössen lassen sich wieder durch die Ordinaten  $\eta$  und  $\zeta$  zweier Curven darstellen (Fig. 6), von welchen die eine als Parabel mit in der rechten Stützenverticalen gelegnem Scheitel zu construiren ist, die andere durch Berechnung der Flächen  $\int \mathfrak{H} dx$  der Horizontalcurve für die Einzellast und Auftragen der diesbezüglichen Werthe erhalten wird.

#### b) Andere Berechnungsart des Träger-Systems.

Unter Voraussetzung eines steif construirten Bogens und der Bedingung, dass die verticalen Senkungen des Bogens gleich jenen des versteifenden Balkens sind, gelangt man zu folgenden Resultaten:

Wir denken den Ursprung des rechtwinkligen Coordinatensystems in den linksseitigen Bogenkämpfer und die horizontale Abscissenachse in die mit der Längsachse des Balkens zusammenfallende Bogensehne gelegt.

Bezeichnet nun für einen in der Abscisse  $x$  befindlichen Querschnitt

$M_x$  das Biegemoment des Balkens

$m_x$  „ „ „ „ „ Bogens in  $xy$ ,

so ist die verticale Verschiebung des Punktes  $xy$  der Bogenachse nach der Theorie der Bogenträger:

$$\Delta y = x \left( \Delta \alpha_0 + \frac{1}{E} \int_0^x \frac{m_x ds}{J} \right) - \frac{1}{E} \int_0^x \frac{x m_x ds}{J} \quad (1)$$

wenn von dem Einflusse der Axialkraft abgesehen wird.

Es bedeutet hierin:

$\Delta \alpha_0$  den Verdrehungswinkel der Bogentangente am Bogenanfang,

$ds$  das Bogenelement,

$J$  das Trägheitsmoment des Bogenquerschnitts.



Führen wir als mittleren Querschnitt beider Gurte des Balkenträgers  $F_m$  ein, so kann näherungsweise gesetzt werden:

$$\Delta l = \frac{H \cdot l}{F_m \cdot E}$$

womit aus

$$\frac{Hl}{F_m} = \frac{1}{J} \int_0^1 m_x y dx = \frac{1}{J} \int_0^1 \frac{C}{C+1} (M_x - Hy) y dx$$

$$H = \frac{\int_0^1 M_x y dx}{\frac{1+C}{C} \cdot \frac{J \cdot l}{F_m} + \int_0^1 y^2 dx} \quad \dots (10)$$

gezogen wird.

Sind die Längen der Balkenträgertheile, in welchen der Querschnitt constant ist,  $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots$  und die bezüglichen Querschnitte daselbst  $F_1 F_2 F_3 \dots$ , so kann man  $F_m$  aus

$$F_m = \frac{l}{\sum \frac{\lambda}{F}}$$

näherungsweise bestimmen.

Die erste Berechnung wird man jedoch mit

$$H = \frac{\int_0^1 M_x y dx}{\int_0^1 y^2 dx} \quad \dots (11)$$

durchführen.

Zur Berechnung der Ordinaten der Horizontaldruck-Curve dient dann die Gleichung:

$$\Phi_a = \frac{\int_0^a x y dx + a \int_a^{\frac{1}{2}} y dx}{\int_0^1 y^2 dx} \quad \dots (11_a)$$

wo  $a$  die Abscisse des Ortes der Lasteinheit.

Der Werth

$$\int_0^1 y^2 dx = 2 \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{y}{2} \cdot y dx$$

ist gleich dem zweifachen statischen Momente der Fläche zwischen Bogenachse und Sehne in Bezug zur letzteren, also

$$\int_0^1 y^2 dx = 2 \cdot \varphi \cdot \varepsilon,$$

wenn  $\varphi$  diese Fläche und  $\varepsilon$  der Abstand ihres Schwerpunktes von der Sehne ist.

$$\int_0^a x y dx - a \int_a^{\frac{1}{2}} y dx = - \int_0^a (a-x) y dx + a \int_0^{\frac{1}{2}} y dx$$

bedeutet nichts anderes, als das Moment im Querschnitte  $a$ , wenn die Fläche  $\varphi$  als Belastungsfläche eines in den beiden Kämpfern frei gestützten geraden Balkens angesehen wird.

Es ist

$$\Phi_a = \frac{\frac{\varphi}{2} a - \varphi_a \varepsilon_a}{2 \varphi \varepsilon}$$

wo  $\varphi_a$  der Flächeninhalt und  $\varepsilon_a$  der Schwerpunktsabstand von  $a$  für das in Betracht stehende Belastungsflächen-Segment ist.

Die Horizontaldruck-Curve kann demnach auch in einfachster Weise als Seilcurve für den constanten Horizontalzug  $2 \varphi \varepsilon$  construiert werden.\*)

Setzt man  $\frac{1}{2} \varphi a - \varphi_a \varepsilon_a = m_a$  so ist

$$\Phi_a = \frac{m_a}{2 \varphi \varepsilon}$$

und

$$\frac{d \Phi_a}{d a} = \frac{\frac{d m_a}{d a}}{2 \varphi \varepsilon} = \frac{R_a}{2 \varphi \varepsilon} = \frac{\frac{\varphi}{2} - \varphi_a}{2 \varphi \varepsilon}$$

für  $a=0$  ist dann

$$\frac{d \Phi_0}{d a} = \frac{1}{4 \varepsilon}.$$

Die Coordinaten der Kämpferdrucklinien seien  $\xi, \eta$ , alsdann ist

$$\eta = \frac{\mathfrak{A}}{\Phi} \xi; \text{ für } \xi=0 \text{ wird } \Phi=0, \text{ daher}$$

$$\eta_0 = \frac{0}{0} = \mathfrak{A} \frac{d \xi}{d \Phi}; \text{ für } \xi=0, \text{ ist } \mathfrak{A}=1, \frac{d \Phi}{d \xi} = \frac{1}{4 \varepsilon}, \text{ also}$$

$$\eta_0 = 1 \cdot \frac{d \xi}{d \Phi} = 4 \varepsilon.$$

Mit Hilfe der Horizontaldruck-Curve kann, wie oben gesagt, der Horizontalzug für jede Belastung ermittelt werden; es ist sohin für jeden Querschnitt des Bogens und Balkens das Biegemoment nach der Gl. 8 und 9 bestimmbar.

Berechnung der  $V_x$  und  $v_x$  der Verticalkräfte für den Versteifungsträger und den Bogen.

Setzt man in Gl. 5

$$A - \sum_0^{\frac{1}{2}} P = R_x$$

und beachtet, dass

$$\frac{d M_x}{d x} = R_x \text{ und } \frac{d M_x}{d x} = V_x$$

ist, so ergibt sich aus 8

$$V_x = \frac{1}{1+C} \left( R_x - H \frac{dy}{dx} \right) \quad \dots (12)$$

Für  $v_x$  findet sich:

$$v_x = R_x - \frac{1}{1+C} \left( R_x - H \frac{dy}{dx} \right)$$

$$= \frac{1}{1+C} \left( C R_x + H \frac{dy}{dx} \right) \quad \dots (13)$$

Die Spannung der Hängestangen kann man ermitteln aus der Differenz der  $v_x$  links und rechts der betreffenden Stange.

Es ist

$$Z = \frac{1}{1+C} \left[ C(R - R') + H \left( \frac{dy}{dx} - \frac{dy'}{dx'} \right) \right] \quad (14)$$

\*) Vgl. Mohr a. a. O.

### Berechnung der Querschnitte.

Die Querschnitte des Bogens können auf Grund der bekannten Beziehungen:

$$\left. \begin{aligned} J \cdot \frac{\sigma_1}{e_1} &= m_{x_2} = \frac{C}{1+C} (M_{x_2} - H y_2) \\ J \cdot \frac{\sigma_2}{e_2} &= -m_{x_1} = -\frac{C}{1+C} (M_{x_1} - H y_1) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

berechnet werden.

Es bezeichnet hierbei:

$e_1$  und  $e_2$  die Entfernung des obersten, bzw. untersten Querschnittsrandes von der Schwerpunktsachse des Querschnitts,

$\sigma_1$  und  $\sigma_2$  die zulässigen maximalen Inanspruchnahmen des Materials daselbst und  $m_{x_2}, m_{x_1}$  die Momente bezüglich des unteren bzw. oberen Kernpunktes.

Die ungünstigsten Belastungen sind in bekannter Weise mittelst der Kämpferdrucklinie findbar.

Die Querschnitte der Gurte des Versteifungsbalkens werden auf Grund der Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} \tau_1 &= \frac{H}{F} - \frac{M_x}{\left(\frac{J'}{e_1}\right)} \\ \tau_2 &= \frac{H}{F} + \frac{M_x}{\left(\frac{J'}{e_2}\right)} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (16)$$

zu berechnen sein.

Hierbei sind, wie früher  $\sigma_1, \sigma_2$  die maximalen zulässigen Inanspruchnahmen für die Randspannungen der  $e_1$  bzw.  $e_2$  von der Schwerpunktsachse des Balkenquerschnitts entfernten obersten bzw. untersten Schichten,  $F$  die Querschnittsfläche und  $J'$  d Trägheitsmoment des Balkens.

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{1}{1+C} (M_x - H y) \\ &= \frac{1}{1+C} (z - y) H, \text{ wenn} \end{aligned}$$

$M_x = H z$  gesetzt wird.

Führt man die Abstände der Kernpunkte

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{J'}{F e_2} \\ k_2 &= \frac{J'}{F e_1} \end{aligned}$$

ein, so erhält man weiters:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{H}{F k_2} \left\{ k_2 - \frac{1}{1+C} (z-y) \right\} = \frac{H}{(1+C) F k_2} [(1+C) k_2 - z + y] \\ \sigma_2 &= \frac{H}{F k_1} \left\{ k_1 + \frac{1}{1+C} (z-y) \right\} = \frac{H}{(1+C) F k_1} [(1+C) k_1 + z - y] \end{aligned}$$

Setzen wir innerhalb der Klammern

$$(1+C) k_2 = k_2'$$

$$(1+C) k_1 = k_1' \quad \text{so kann man auch}$$

schreiben:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 \frac{J'}{e_1} &= -\frac{H}{1+C} [z - (y + k_2')] \\ \sigma_2 \frac{J'}{e_2} &= +\frac{H}{1+C} [z - (y - k_1')] \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (17)$$

Denken wir nun  $k_2'$  von  $xy$  aus nach oben,  $k_1'$  jedoch nach unten aufgetragen, so erhalten wir in jedem

Verticalschnitt zwei Punkte  $o$  und  $u$ , für welche — wenn

$$z - (y + k_2') = e_o$$

$$z - (y - k_1') = e_u \quad \text{eingeführt wird —}$$

die Beziehungen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 \frac{J'}{e_1} &= -\frac{H e_o}{1+C} \\ \sigma_2 \frac{J'}{e_2} &= +\frac{H e_u}{1+C} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (18)$$

folgen.

Die ungünstigsten Belastungen werden mit Hilfe der Kämpferdrucklinien leicht bestimmt werden können, wenn beachtet wird, dass die Lastscheiden für den Obergurt durch

$$e_o = 0$$

und jene des Untergurts durch  $e_u = 0$

bedingt sind.

Ist der Versteifungsbalken mit einer gegliederten Wand versehen, so fallen die Kernpunkte mit den Gurtschwerpunkten zusammen und man kann für

$$\sigma_1 \frac{J'}{e_1} = F_1 \tau_1 h \quad \text{und für}$$

$$\sigma_2 \frac{J'}{e_2} = F_2 \tau_2 h \quad \text{setzen, wo } F_1 \text{ und } F_2$$

die Querschnittsfläche des oberen bzw. unteren Gurtes und  $h$  die Entfernung der Gurtschwerpunkte bezeichnen.

Das Gitterwerk des Versteifungsbalkens ist in bekannter Weise in Bezug auf die Transversalkraft  $V_x$  zu berechnen; die Belastungsscheiden der ungünstigsten Belastungen können mittelst der Kämpferdrucklinie bestimmt werden, da in einem bestimmten Querschnitt unter der Wirkung einer Einzellast,

$$V_x = \text{Null wird, für}$$

$$x - \xi \frac{dy}{dx} = 0 \quad \text{oder}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{\xi}$$

wodurch die eine Lastscheide bestimmt ist, während die zweite durch den Querschnitt selbst sich ergibt.

Werden die äusseren Kräfte bloß in den Knotenpunkten übertragen, so ist die Ermittlung der ungünstigsten Belastungen ebenfalls leicht. Hat man nämlich mittelst der Kämpferdrucklinie die Belastungsscheiden ungefähr gefunden und es fragt sich, bis wie weit in ein Fachwerkkfeld die Last noch reichen müsse, so ist dies leicht dadurch zu erledigen, dass man die Lasteinheit einmal in dem linken, dann im rechten Knotenpunkt des betreffenden Feldes wirkend denkt, in beiden Fällen  $V_x$  bestimmt, den verschiedenen Vorzeichen nach in den Knotenpunktverticalen aufträgt und die so erhaltenen Punkte durch eine Gerade verbindet. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Achse gibt die gesuchte Lastscheide.

Berechnung der Durchbiegung. Nach Gl. 2 ist die Senkung eines Punktes  $xy$  der Bogenachse bestimmt. Beachtet man, dass

$$\int_0^1 m_{\xi} (l - \xi) d\xi$$

das statische Moment der ganzen Momentenfläche bezüglich der rechten Stützenverticalen und

$$\int_0^x m_{\xi} (x - \xi) d\xi$$

das statische Moment der durch die Ordinate  $y$  begrenzten linksseitigen Momentenfläche bezüglich der Ordinate  $y$  ist, so kann man auch schreiben:

$$\Delta y = -\frac{1}{EJ} \left\{ \frac{x}{l} \psi \cdot \zeta - \psi_x \zeta_x \right\},$$

wo  $\psi$ ,  $\psi_x$  die betreffenden Momentenflächen,  $\zeta$ ,  $\zeta_x$  deren Schwerpunktsabstände von der rechten Stützenverticalen bzw. von der Ordinate  $y$  sind.

Für symmetrische Belastung und für die Trägermitte ist

$$\zeta = \frac{l}{2}; \quad \psi_x = \frac{\psi}{2}$$

und die Durchbiegung in der Trägermitte:

$$\Delta y_{\frac{1}{2}} = -\frac{\psi}{2EJ} \left\{ \frac{l}{2} - \zeta_{\frac{1}{2}} \right\}.$$

Der Einfluss der Axialkraft auf die Senkung eines Punktes  $xy$  der Bogenachse ist ausgedrückt durch:

$$\Delta y' = -\frac{1}{E} \int_0^x \frac{N_x}{F} dy,$$

wobei  $N_x$  die Axialkraft und  $F$  der Querschnitt des Bogens. Nun ist bekanntlich

$$N_x = v_x \sin \alpha + H \cos \alpha,$$

da jedoch das erste Glied  $v_x \sin \alpha$  gegen das zweite sehr klein und  $F$  constant ist, so kann man einfach schreiben:

$$\Delta y' = -\frac{H}{EF} \int_0^x \cos \alpha \cdot dy = -\frac{H}{EF} \int_0^x \sin \alpha \cdot dx$$

Für die Trägermitte ist

$$\begin{aligned} \Delta y'_{\frac{1}{2}} &= -\frac{H}{EF} \int_0^{\frac{1}{2}} \sin \alpha \cdot dx = -\frac{H}{EF} \sum_0^{\frac{1}{2}} \sin \alpha \cdot \Delta x \\ &= -\frac{H \cdot \Delta x}{EF} \sum_0^{\frac{1}{2}} \frac{\Delta y}{\lambda} \end{aligned}$$

Hierbei ist:

$\Delta x$  die constante Entfernung der Hängstangen,

$\lambda$  die Polygonseite zwischen zwei benachbarten Hängstangen,

$\Delta y$  die Differenz der Ordinaten entsprechend dem  $\Delta x$ .

In Anwendung auf unseren Fall haben wir

$$l = 67.8^m \quad F_m = 0.0423^m$$

$$J = 0.001296 \text{ auf Meter bezogen}$$

$$J' = 0.087760 \quad " \quad "$$

somit

$$C = \frac{J}{J'} = 0.0148, \quad \frac{C+1}{C} = 68.58$$

Nach Gl. 10 ist:

$$H = \frac{\int_0^1 M_x y dx}{\frac{C+1}{C} \cdot \frac{J}{F_m} l + \int_0^1 y^2 dx} = \frac{H_0}{1+K},$$

wenn

$$\frac{C+1}{C} \cdot \frac{J \cdot l}{F_m \int_0^1 y^2 dx} = \frac{C+1}{C} \cdot \frac{J \cdot l}{F_m \cdot 2\varphi \varepsilon} = K$$

gesetzt wird und  $H_0$  den Horizontalschub bei unnachgiebigen Widerlagern bedeutet.

Unserem Träger entspricht

$$\varphi = 406.2^{\square m}$$

$$2\varphi \varepsilon = 2800, \text{ mithin ist}$$

$$K = 0.05, \text{ also}$$

$$H = \frac{H_0}{1.05} = 0.952 H_0$$

$$\text{Da } H_0 = p \int_0^1 \mathfrak{H} dx = 64.35 p \text{ Tonnen wird}$$

$$H = 61.26 p \text{ Tonnen. *)}$$

Weiters ist:

$$\begin{aligned} \frac{\phi}{2} &= \int_0^{\frac{1}{2}} m_x dx = \frac{C}{1+C} \int_0^{\frac{1}{2}} (M_x - Hy) dx \\ &= \frac{C}{1+C} \left[ \int_0^{\frac{1}{2}} M_x dx - H \int_0^{\frac{1}{2}} y dx \right] = \frac{C}{1+C} \left[ \frac{1}{3} l \cdot \frac{1}{8} p l^2 - H \frac{\varphi}{2} \right] \\ \frac{\phi}{2} &= \frac{C}{1+C} \left( \frac{1}{24} p l^3 - 203.1 H \right) \\ &= 0.0145 p (12986.1 - 12441.9) \\ &= 7.9 p \end{aligned}$$

Zur Berechnung des  $\zeta$  dient die Beziehung:

$$\begin{aligned} \frac{\phi}{2} \cdot \zeta_{\frac{1}{2}} &= \int_0^{\frac{1}{2}} m_x \left( \frac{l}{2} - x \right) dx \\ &= \frac{C}{1+C} \left\{ \int_0^{\frac{1}{2}} M_x \left( \frac{l}{2} - x \right) dx - H \int_0^{\frac{1}{2}} \left( \frac{l}{2} - x \right) y dx \right\} \\ &= \frac{C}{1+C} \left\{ \frac{1}{3} l \cdot \frac{1}{8} p l^2 \cdot \frac{3}{16} - H \cdot \frac{\varphi}{2} \cdot c \right\} \\ &= \frac{C}{1+C} \left\{ \frac{1}{128} p l^4 - H \cdot \frac{\varphi}{2} \cdot c \right\}; \end{aligned}$$

wo  $c$  der Abstand des Schwerpunktes der halben Bogen-segmentfläche von der Trägermitte ist.

$$\zeta_{\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{128} p l^4 - 203.1 H c}{\frac{1}{24} p l^3 - 203.1 H}$$

\*) Die Schleck'sche Rechnung gibt:  $H = 64.7817 p$  Tonnen.

Mit  $c = 13.35^m$ , wird

$$\zeta_{\frac{1}{2}} = -\frac{1014.0}{544.1} = -1.866.$$

Sonach

$$\Delta y_{\frac{1}{2}} = -\frac{7.9 p}{E \cdot 0.001296} (33.9 + 1.866).$$

Führt man  $E = 18000000$  auf Tonnen und Quadratmeter bezogen ein, so folgt:

$$\Delta y_{\frac{1}{2}} = -0.012 p.$$

Setzt man  $p = 2.4$  Tonnen so wird

$$\Delta y_{\frac{1}{2}} = -0.0288^m = -28.8^{mm}.$$

In Folge der Axialkraft ist die Senkung der Bogenmitte:

$$\Delta' y_{\frac{1}{2}} = -\frac{H \cdot \Delta x \cdot \frac{1}{2} \Delta y}{E F \cdot \sum \frac{1}{\lambda}}; \quad \text{nun ist } \Delta x = 3.08^m, \quad F = 0.0439, \text{ also}$$

$$= -\frac{61.26 p \times 3.08}{18000000 \times 0.0439} \cdot \frac{1}{2} \Delta y$$

$$= -0.000238 \sum \frac{1}{\lambda} \cdot p$$

Da in unserem Falle  $\sum \frac{1}{\lambda} = 2.513$ , so folgt:

$$\Delta y'_{\frac{1}{2}} = -0.0006 p;$$

mit  $p = 2.4$  Tonnen ergibt sich

$$\Delta y'_{\frac{1}{2}} = -0.00144^m = -1.44^{mm}$$

Die totale Einsenkung würde sohin betragen:

$$\Delta y_{\frac{1}{2}} = -30.2^{mm}.$$

Brünn, im December 1882.

### Nachtrag.

Die Belastungsprobe und deren Resultate.

Im Monate Jänner d. J. fand die vertragsmässige Erprobung der neuen Ferdinandsbrücke statt.

Die Grösse der aufgetragenen Last betrug für die Hauptbrücke  $4800^{ks}$  pro laufenden Meter, d. i.  $325440^{ks}$  total.

Diese Belastung wurde hervorgebracht durch aufgeführten Schotter und zwar derart, dass zunächst von der Mitte der Hauptbrücke aus gegen die kleinere Seitenöffnung zu die Probelast auf vier Fachwerksfelder (I) möglichst gleichmässig ausgebreitet wurde, alsdann wurde in gleicher Weise von der Mitte aus gegen die grössere Seitenöffnung zu ebenfalls über vier Fachwerksfelder (II) die Probelast aufgebracht.

Hierauf wurden die bisher frei gehaltenen Theile (III) der Brückenbahn beiderseits gleichzeitig von der Mitte gegen die Enden zu belastet. (Fig. d.)

Fig. d.

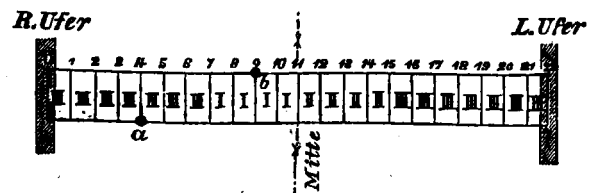
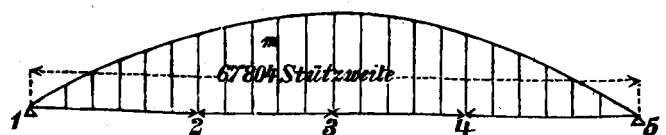


Fig. e.



Der Vorgang der Belastung in der angegebenen Weise wurde deshalb gewählt, um zu untersuchen, wie sich die Spannung der Hängestangen bei partiellen Belastungen verhalten.

Zu diesem Zwecke beobachtete man das Verhalten der Hängestangen  $a$  im vierten und  $b$  im neunten Knotenpunkte mittelst eines Dehnungszeigers. Es ergab sich für die erstere ( $a$ ) bei der Belastung I eine Längenänderung pro Meter mit

### Nivellement-Tabelle.

bei der Erprobung der Kaiser Ferdinand-Brücke in Graz.

I.

Punkt Nr.	Erster Hauptträger							Zweiter Hauptträger						
				Einsenkung			der Belastung				Einsenkung			der Belastung
	vor	während	nach	total	bleibend	elastisch		vor	während	nach	total	bleibend	elastisch	
1	1.481	1.483	1.483	0.002	0.002	0.000		1.487	1.486	1.486	- 0.001	- 0.001	0.000	
2	1.465	1.483	1.464	0.018	- 0.001	0.019		1.465	1.491	1.466	0.026	0.001	0.025	
3	1.456	1.491	1.460	0.035	0.004	0.031		1.460	1.491	1.463	0.031	0.003	0.028	
4	1.456	1.477	1.455	0.021	- 0.001	0.022		1.457	1.477	1.455	0.020	- 0.002	0.022	
5	1.470	1.471	1.470	0.001	0.000	0.001		1.480	1.481	1.481	0.001	0.001	0.000	

+  $\frac{10^{mm}}{178}$ , für die zweite ( $b$ ) bei der Belastung II die Längenänderung pro Meter mit +  $\frac{7.8^{mm}}{178}$ .

Die beobachteten Einsenkungen der Hauptträger unter der Probelast, sowie die bleibenden und elastischen Sen-

kungen an fünf Punkten dieser Träger sind in der beifolgenden Tabelle enthalten.

Hiezu ist zu bemerken, dass die Einsenkungen mittelst Nivellir-Instrumenten und Latten mit Visirscheiben erhoben wurden. Obwohl die Visirscheiben rückwärts mit einem Nonius versehen waren, mittelst dessen die Millimeter



abgelesen wurden, so ist doch bei derartigem Vorgange der Erhebungen die Genauigkeit bis auf einen Millimeter kaum zu erwarten. Daher erklärt es sich auch, dass einige Trägerpunkte eine bleibende Erhöhung ergaben.

Hinsichtlich der etwas differirenden Einsenkungen correspondirender Punkte beider Hauptträger dürfte die Ursache zum Theile in der nicht völlig gleichmässigen Lastvertheilung zu suchen sein; es kommt hiezu, dass auch das Belastungsmaterial kein durchaus gleichmässiges war, indem es theils aus Basalt- theils aus Kalkschotter bestand.

Die Trägermitten zeigten bei dem einen Hauptträger 31.0<sup>mm</sup>, bei dem zweiten 28.0<sup>mm</sup> elastische Einsenkung; dies ergibt ein Mittel von: 29.5<sup>mm</sup> d. i.  $\frac{1}{2299}$  der Stützweite. \*)

Die maximalen Einsenkungen der Hauptträger der seitlichen Brücken sind in den nachstehenden Tabellen enthalten.

Gitterbrücke von 21.574<sup>m</sup> Stützweite.

Nr.	Bezeichnung	Einsenkung in der Mitte	
		elastisch	bleibend
1	Hauptträger . . . . .	0.008	0.000
2	" . . . . .	0.007	0.000

Blechbrücke von 10.160<sup>m</sup> Stützweite.

Nr.	Bezeichnung	Einsenkung in der Mitte	
		elastisch	bleibend
1	Hauptträger . . . . .	0.0025	0.0005
2	" . . . . .	0.0025	0.0000

\*) Es möge hier constatirt werden, dass uns die oben mitgetheilte Berechnung der Durchbiegung (S. 70), welche mit dem Resultate der Probe eine auffallend gute Uebereinstimmung zeigt, schon lange vor der Belastungsprobe vorlag. D. R.

Bemerkung zu der sub 8 (Seite 47—51) gegebenen Theorie. Die Grundgleichungen für den Horizontalschub des Bogens, beziehungsweise für die Hängestangenkräfte (Formeln 14—16), welche unter der Annahme gelenkartiger Knotenpunkte des polygonalen Bogens entwickelt wurden, lassen sich auf wesentlich kürzerem Wege ableiten, wenn von dem Satze Gebrauch gemacht wird, dass die gesammte Deformationsarbeit eines elastischen Systems ein Minimum ist. (S. Wochenschrift Nr. 17. d. J.)

Diesem Satze entsprechend muss die statisch unbestimmbare Kraft  $H$ , der Horizontalschub des Bogens, so ermittelt werden, dass die Bedingungsgleichung erfüllt wird

$$\int \frac{P}{EF} \frac{dP}{dH} ds + \int \frac{M}{EJ} \frac{dM}{dH} ds = 0$$

beziehungsweise, wenn  $P$  und  $M$  auf die Länge  $s$  constant sind,

$$\Sigma \frac{P}{EF} \frac{dP}{dH} s + \Sigma \frac{M}{EJ} \frac{dM}{dH} s = 0$$

Hierin ist unter  $P$  die in den einzelnen Constructionstheilen (Bogen, Hängestangen und Versteifungsträger) bei gegebener Belastung auftretende Axialkraft, unter  $M$  das bezügliche Biegemoment zu verstehen. Bezeichnet

$f$  die Querschnittsfläche des Bogens,  $f_0$  jene im Bogenscheitel  
 $2 f_1$  " " " Balkens (die beiden Gurtflächen)  
 $f_2$  " " " einer Hängestange.

$J = f_1 \frac{h^2}{2}$  das constant angenommene Trägheitsmoment des Balken-

querschnitts und führt man im Uebrigen die gleichen Bezeichnungen ein, wie in den vorstehenden Entwicklungen, so lassen sich zunächst für die Axialkräfte die Ausdrücke aufstellen:

für den Bogen  $P_1 = -H \frac{\lambda}{a}$ , daher  $\frac{dP}{dH} = -\frac{\lambda}{a}$   
 für die Hängestangen  $P_2 = +H \frac{\Delta^2 y}{a}$  "  $+\frac{\Delta^2 y}{a}$   
 für den Balken  $P_3 = +H$  "  $+1$

Das in einem beliebigen Querschnitte auf den Versteifungsbalken entfallende Biegemoment wird, wenn  $M$  das Moment der äusseren Kräfte für den einfachen frei aufliegenden Balken bedeutet,

$$M = \mathcal{M} - Hy, \text{ daher } \frac{dM}{dH} = -y$$

Die Einsetzung dieser Werthe in die obige Bedingungsgleichung und die Summirung zwischen den entsprechenden Grenzen führt sofort zu dem nachstehenden Ausdrucke:

$$H \left[ \Sigma \frac{\lambda^2}{a^2} \frac{\lambda}{Ef} + \frac{1}{Ef_1} + \Sigma \left( \frac{\Delta^2 y}{a} \right)^2 \frac{y}{Ef_2} + \Sigma \frac{y^2 a}{EJ} \right] - \Sigma \frac{\mathcal{M} \cdot y \cdot a}{EJ} = 0$$

Setzt man  $\frac{\lambda}{f} = \frac{a}{f_0}$ , ferner  $f_2$  und  $J = \frac{f_1 h^2}{2}$ , sowie den Elastizitäts-Coëfficienten  $E$  constant, so übergeht die obige Gleichung in:

$$H \left[ \frac{f_1}{f_0} \Sigma \lambda^2 + \frac{f_1}{f_2} \Sigma (\Delta^2 y)^2 \cdot \frac{y}{a} + l \cdot a + \frac{2 a^2}{h^2} \Sigma \frac{y^2}{2} \right] = \frac{2 a^2}{h^2} \Sigma \mathcal{M} y$$

Wird ferner noch berücksichtigt, dass

$$\Sigma \lambda^2 = \Sigma a^2 + \Sigma (\Delta y)^2 = 2l \cdot a + \Sigma y \cdot \Delta^2 y$$

ist, und dass bei symmetrischer Bogenform die Summirung auf bloss eine Bogenhälfte beschränkt werden kann; wird weiters  $f_1 = f_0$ ,  $f_2 = m f_0$  gesetzt, so erhält man schliesslich

$$H = \frac{\frac{a^2}{ih} \Sigma \mathcal{M} y}{l a \left( 1 + \frac{1}{2i} \right) + \frac{1}{m} \Sigma y \Delta^2 y + \frac{1}{m} \Sigma \frac{y}{a} (\Delta^2 y)^2 + \frac{2 a^2}{ih} \Sigma y^2}$$

Dieser Ausdruck gibt den Horizontalschub des Bogens für eine ganz beliebige Belastung; für den Fall einer Belastung durch zwei symmetrische Einzellasten wird derselbe vollkommen identisch mit jenem, der bei Vernachlässigung des Einflusses der Füllungsglieder des Versteifungsbalkens durch die Schleck'sche Rechnung erhalten wurde und der sich durch  $H = R \cdot h$  aus Gl. 14 (pag. 50) bestimmt. Es würde auch nach dieser Methode gar keiner Schwierigkeit unterliegen, von obiger Vernachlässigung abzusehen, beziehungsweise den Ausdruck für die hiedurch bedingte Correction aufzustellen. Die Untersuchung über den Einfluss der Wärme, welche sich auf Grund obigen Satzes ebenfalls sehr einfach gestaltet, werden wir an anderer Stelle veröffentlichen.

D. R.

## Die Wasenmeisterei (thermochemische Fabrik) der Commune Wien in Kaiser-Ebersdorf.

Ausgeführt vom Stadtbauamte durch den Ingenieur **Adolf Swetz.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt 13.)

Seit Jahren schon hat sich die Industrie aller möglichen Hilfsmittel bedient, um die vorhandenen Producte, sowie deren Abfälle nutzbar zu verwerthen, und sind auf diesem Gebiete gewiss die aner kennenswerthesten Fortschritte zu Tage getreten.

Auf die Verwerthung der Thieräser hingegen ist bis vor circa einem Decennium kein besonderer Werth gelegt worden und man hat sich begnügt, von den an nicht contagiösen Krankheiten verendeten Thieren die Häute, Haare, Hufe, sowie die Hörner nutzbar zu machen und das bei der Zertheilung leicht zu gewinnende Fett durch primitive Auskochung möglichst zu verwerthen.

Die Fleischtheile hingegen mussten laut der Bestimmungen der Wasenmeister-Ordnung verscharrt werden und ging hiedurch deren Werth gänzlich verloren.

Ein bei Weitem grösserer Verlust ergab sich jedoch bei den an Seuchen verendeten Thieren, weil dieselben den gesetzlichen Bestimmungen gemäss im Ganzen verscharrt werden mussten und nicht der geringste Theil hievon einer sonstigen Verwerthung zugeführt werden durfte.

Abgesehen von dem Verluste, der hiedurch sowohl für die Industrie, als auch für die Agricultur erwachsen ist, bildet diese Art der Vertilgung auch in hygienischer Beziehung nicht unbedeutende Uebelstände, indem nicht allein die an den Aasplätzen zu Tage tretenden Ausdünstungen für die Gesundheit der Menschen gefahrbringend sind, sondern auch, wie durch Erfahrung constatirt wurde, von den verscharrten Thieren durch Insecten das Seuchen-Contagium zu Tage gefördert wird.

In Berücksichtigung dieser Thatsachen hat der niederösterreichische Landes-Sanitätsrath schon im Jahre 1872 bei der hohen k. k. niederösterreichischen Statthalterei die Verwendung von Thier-Cadavern zu industriellen Zwecken in Anregung gebracht.

In Anerkennung des Umstandes, dass die Verwerthung der Thier-Cadaver nicht bloss aus ökonomischen Rücksichten Beachtung verdient, sondern auch in sanitärer Hinsicht geeignet erscheint, mancherlei Uebelstände, welche mit der Verscharrung der Aeser insbesondere in Wien und Umgebung verbunden sind, zu beseitigen, hat sich nun aus diesem Anlasse der Herr Statthalter an das Präsidium der Wiener Handels- und Gewerbekammer um Bekanntgabe gewendet, in welcher Weise und in welchem Umfange die Industrie für diese Frage in das Interesse gezogen werden könnte und wurden diesfalls auch hervorragende Vertreter der Wissenschaft zur Abgabe von Gutachten aufgefordert.

Die diesbezüglichen Gutachten stimmten vollinhaltlich darin überein, dass es höchst wünschenswerth erscheint, die thierischen Cadaver auf zweckmässige Weise zu verarbeiten und der Industrie zuzuführen.

Durch die vom Gemeinderathe der Stadt Wien im Jahre 1874 in's Werk gesetzte Anlage des Central-Friedhofes war nun die Nothwendigkeit zu Tage getreten, die

der Gemeinde Wien gehörige Abdeckerei (sogenannte Klederinger Wasenmeisterei), welche innerhalb der für den Central-Friedhof angekauften Area sich befand, zu beseitigen, rücksichtlich an einen anderen Ort zu verlegen.

Nach längeren Verhandlungen sowohl über die Art der Anlage einer neuen Wasenmeisterei, als auch über die Erwerbung eines hierfür geeigneten Grundes, hat der Wiener Gemeinderath im Jahre 1876 den Beschluss gefasst, dass anstatt einer gewöhnlichen Abdeckerei, eine Anstalt zur Verarbeitung der Thier-Cadaver auf thermochemischem Wege — in Kaiser-Ebersdorf nächst dem Donaucanale, und zwar auf dem sogenannten Rossfreithofacker zu errichten ist.

Es sollten diesfalls, um die alte Wasenmeisterei ehestens auflassen zu können, vorläufig die für eine gewöhnliche Wasenmeisterei erforderlichen Gebäude hergestellt und, bis zur Instandsetzung der ganzen Anstalt, die Aeser daselbst in der üblichen Weise verscharrt werden.

Gleichzeitig ist vom Wiener Gemeinderathe eine Commission, bestehend aus dem Magistratsrath *Lekisch*, dem Stadtphysicus *Dr. Innhauser* und dem Verfasser dieser Mittheilung nach Berlin, zum Studium der dortigen auf dem System der thermochemischen Verarbeitung der Aeser eingerichteten Wasenmeisterei, entsendet worden.

Mehrfache Vorstellungen und Recurse, welche gegen die Errichtung dieser Anstalt eingebracht und bis zur letzten Instanz durchgeführt worden sind, haben die Ausführung der Gebäude verzögert und konnte dieselbe demzufolge erst gegen Ende des Jahres 1878 bewerkstelligt werden.

Nachdem diese Gebäude hergestellt waren, konnte jedoch der vorgedachte Zweck, und zwar die Auflassung der auf dem Terrain des Central-Friedhofes bestandenen Wasenmeisterei herbeizuführen, dennoch nicht erreicht werden, weil bezüglich dieser Anstalt, die zuerst für eine bestimmte Zeit zugestandene Verscharrung der Aeser, sodann behördlicherseits verweigert worden ist und musste die alte Abdeckerei in Kledering bis zur vollständigen Instandsetzung der thermochemischen Anstalt in Benützung verbleiben.

Obwohl nun für die neue Anstalt bereits ein Pächter bestellt, das für die Ausführung derselben ausgearbeitete Project vom Gemeinderathe genehmigt und für letzteres der Consens von Seite der k. k. Bezirkshauptmannschaft ertheilt worden war, wurde in einer Sitzung des Gemeinderathes im Juni 1880 ein Antrag gestellt, es mögen in Anbetracht, als bei der Verarbeitung der Aeser eine Menge Producte resultiren, deren Verwerthung nach dem Projecte nicht Platz greift, wie z. B. Leim, Knochenöl, Spodium etc., die für den Bau und die Einrichtung der Anstalt eingebrachten Offerte der Beurtheilung von Fachleuten und Chemikern zugewiesen werden und demzufolge die Einberufung einer Expertise beschlossen.

In diese Expertise sind über Ersuchen des Gemeinderathes von Seite des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines die Herren *Johann Radinger*,

k. k. Professor, Carl Sarg, Fabriksbesitzer, Franz Schwackhöfer, k. k. Professor; vom niederösterreichischen Gewerbevereine die Herren Georg Hartl, technischer Leiter der ersten österreichischen Seifensieder-Gesellschaft, Albert Ungerer, Chemiker und Professor Dr. Richard Goddefroy, Vorstand des chemischen Laboratoriums der pharmaceutischen Schule entsendet worden und wurde in dieselbe ausserdem der Herr Professor Kletzinsky berufen. Die genannten Herren haben das gesammelte Materiale geprüft und in einer Reihe von Sitzungen alle möglichen Fragen erörtert und besprochen.

Zur Vereinfachung der Verhandlungen und weiteren Berathung wurde sonach von den Herren Experten ein Subcomité eingesetzt, bestehend aus den Herren Hartl und Schwackhöfer, welche sich durch den Herren Ingenieur Völknner verstärkten.

Auf Grundlage des von den letztgenannten Herren abgegebenen Gutachtens wurden nun vom Gemeinderathe im Monate August 1881 einige Abänderungen und Ergänzungen der Einrichtung beschlossen, und zwar:

Die Aufstellung von zwei Tenbrink-Kessel an Stelle der projectirt gewesenen zwei Cornwall-Dampfkessel; die Beistellung von Wasserreinigungs-Apparaten, die Vergrösserung der Dampfmaschine von 12 auf 16 Pferdekraft; die Beschaffung einer Kaltwasserpumpe an Stelle einer Dampf-pumpe; die Vermehrung der Digestoren in der Seuchenanstalt; die Aufstellung eines hölzernen Schmelzbottichs an Stelle des projectirt gewesenen eisernen und kupfernen Kessels und endlich die Herstellung der zwei vollkommen wasserdichten Einkalkungs-Cysternen nebst einem Fahrkrahne.

Diese nach dem Projecte des Stadtbauamtes ausgeführte Wasenmeisterei, rücksichtlich thermochemische Fabrik, besteht, wie aus den Zeichnungen auf Bl. 13 zu ersehen ist, ihrer baulichen Anlage nach, aus vier unter sich getrennt stehenden Gebäuden.

Das mit seiner Fronte dem Donaucanale zugekehrte, einen Stock hohe Gebäude enthält die Wohnung des Wasenmeisters und dessen Fabriksleiters, das Comptoir und die Unterkunfts-Localitäten für das Fabriks- und Dienstpersonale.

Der rechtseitige mit einem erhöhten Dachbodenraume versehene Hoftract umfasst die Pferdestallungen mit Kutscherzimmer und Futterkammer, eine Wagenremise, endlich das Brennmaterial-Depôt. Der erhöhte Dachbodenraum über den gewölbten Localitäten, dient als Depôt für Futtermittel.

Im linkseitigen, ebenfalls mit einem erhöhten Dachbodenraume versehenen Gebäudetracte befinden sich nebst einem Stalle für zur Schlachtung zugeführte Thiere, die Schlagbrücke, rücksichtlich der Zertheilungsraum für nichtverseuchte Thiere, die Magazine für fertige Producte, endlich die Darre.

Der erhöhte Dachboden dieses gleichfalls auf Traversen gewölbten Tractes ist als Trockenraum für Thierhäute bestimmt.

Der Quertract als eigentliches Fabriksgebäudes ist in sechs Räume getheilt und umfasst derselbe:

1. das Dampfkessel-Locale,
2. das Sudlocale für an Seuchen verendete Thiere,
3. das Sudlocale für nicht verseuchte Aeser,

4. das Dampfmaschinen-Locale,

5. das Locale für Hilfsmaschinen,

6. einen Toilettensaal, in welchem die in dem Sudlocale für Seuchenthiere beschäftigten Arbeiter den Kleiderwechsel und ihre Reinigung vorzunehmen haben.

Ausserdem befinden sich an der rückwärtigen linken Seite im Hofe zwei vollkommen wasserdicht hergestellte Einkalkungs-Cysternen, deren Zweck darin bestehen soll, dass bei dem etwaigen Vorkommen einer aussergewöhnlichen Viehseuche, wobei die Verarbeitung aller einlangenden Aeser nicht sofort statthaben könnte, ein Theil der Seuchensäser bis zur Zeit ihrer Verarbeitung in einem Kalküberzuge in unschädlicher Weise aufbewahrt werden kann.

An der rechten Seite im Hofe besteht eine Düngergrube, welche nebst dem Stalldünger auch den Gedärminhalt der zur Verarbeitung gelangenden nichtverseuchten Thiere aufzunehmen hat.

Von den Einkalkungs-Cysternen bis in das Sudlocale für Seuchenthiere führt ein Bahngleise für einen Fahrkrahne, welcher letzterer einestheils zum Abladen der beigebrachten Seuchensäser und zum Ueberführen derselben in das Sudlocale oder zu den Einkalkungs-Cysternen; anderentheils zum Transport dieser Aeser von den Cysternen zu dem Sudlocale bestimmt ist.

Das Abladen der nicht verseuchten Aeser und das Uebertransportiren derselben zur Schlagbrücke wird mittelst eines in dem letzterwähnten Locale bestehenden Rollkrahnes bewerkstelligt. Für den Transport der bereits zertheilten Aeser von der Schlagbrücke zu dem Sudlocale, sowie für die Ueberführung der aus den Digestoren gewonnenen Residuas zur Darre, dient eine Rollbahn mit aus Eisen construirten schiebbaren kleinen Wagen.

Was nun die Einrichtung des Fabriksgebäudes betrifft, so besteht dieselbe aus folgenden Apparaten und Maschinen:

In dem Dampfkessel-Locale befinden sich zwei Dampfkessel, Tenbrink-System, mit je 46<sup>m</sup> Heizfläche und auf 6 Atmosphären ämtlich approbirt, von welchen beiden Kesseln je einer für den Betrieb, der zweite als Reserve bestimmt ist.

In dem Sudlocale für Seuchensäser bestehen 2 grosso auf 4 Atmosphären Dampfdruck ämtlich geprüfte Digestoren mit 1.3<sup>m</sup> Durchmesser und 1.8<sup>m</sup> innerer Höhe, dann ein kleinerer Digestor auf gleichen Druck geprüft, mit 0.8<sup>m</sup> Durchmesser und 1.4<sup>m</sup> Höhe.

Diese Digestoren sind mit Dampf- Zu- und Ableitungsröhren, einer Wasserzuleitung und einem Ablassrohre mit den erforderlichen Ventilen und Hähnen versehen und sind dieselben ausserdem mit einem Manometer, einem Sicherheitsventile, einem Wasserstandglase, dann mit Ablasshähnen ausgerüstet.

In dieser Abtheilung werden die eingelangten Seuchensäser je nach ihrer Grösse, in einzelne Stücke zertheilt, welche Manipulation auf dem über das Pflaster um 10<sup>cm</sup> erhöhten vollkommen wasserdicht hergerichteten Secirraume vorgenommen wird. Die Desinfection dieses letzteren Raumes wird mittelst eines im Kreise laufenden, zweigarmigen Rohres durch strahlenden Dampf bewerkstelligt.

In dem Sudlocale für nichtverseuchte Thieräser befinden sich zwei auf drei Atmosphären Dampfdruck ämt-

lich geprüfte Digestoren, mit je 1<sup>m</sup> Durchmesser und 1·3<sup>m</sup> Höhe, im Uebrigen in gleicher Beschaffenheit und mit gleicher Armatur, wie obige Seuchen-Digestoren.

Ferner enthält dieses Local einen Knochenentfettungs-Apparat mit Einhängkorb und einen Fettklärbottich, welche beiden Apparate gleichfalls mit Dampf erhitzt werden und von denen der letztere lediglich zum Reinigen des ausgekochten Fettes dient.

In dem Dampfmaschinen-Local besteht eine liegende Dampfmaschine mit 16 Pferdekraft und eine Kaltwasserpumpe. In dem Hilfsmaschinen-Local sind ausser dem zur Zerkleinerung von frischen Knochen zu verwendenden Knochenbrecher, die zur Verarbeitung der Producte erforderlichen Maschinen untergebracht, u. zw.:

Ein zur Zerkleinerung der gedämpften und ausgetrockneten Knochen dienendes Stampfwerk mit 6 rotirenden Stämpfern, mit einer Leistungsfähigkeit von 4870<sup>kg</sup> pro 12 Stunden Arbeitszeit.

Eine Sortirmaschine zur Ausscheidung von drei verschiedenen Grössen des Knochenschrottes mit einer Leistungsfähigkeit von 4140<sup>kg</sup> pro 12 Stunden Arbeitszeit.

Eine Mühle mit zwei Mahlgängen zur Erzeugung von Knochen- und Fleischmehl, mit einer Leistungsfähigkeit von 8600<sup>kg</sup> pro 12 Stunden Arbeitszeit.

Oberhalb des Toilettraumes sind zwei Wasserreinigungs-Apparate, in den Dachräumen die erforderlichen Kaltwasserreservoirs untergebracht und ist überdies auch ein Vorwärmer vorhanden.

Die gesammten Manipulationsräume sind mit Asphalt gepflastert und mit Wasserabläufen mit Geruchssperren versehen. Die Wände dieser Räume haben auf eine Höhe von 2<sup>m</sup> vom Pflaster einen geschliffenen Portland-Cementverputz und ist in jedem dieser Locale zum Behufe der Reinigung ein Hydrant mit einem Gummischlauche vorhanden.

Zum Trocknen der in den Digestoren nach dem Auskochen verbleibenden Rückstände, in Fleisch und Knochen bestehend, ist die im linken Tracte hergerichtete Darre bestimmt, welche aus drei übereinander situirten Etagen mit beweglichen Horden besteht.

Die Einrichtung dieser Fabrik, welche von der k. k. lbf. Maschinenfabrik V. Prick in Wien beigelegt worden ist, war im Monate October 1882 vollendet und wurde dieselbe am 23. October, dann am 20. und 21. November von Seite der k. k. Bezirks-Hauptmannschaft in Bruck a/d. Leitha der ämtlichen Probe, rücksichtlich der Collaudirung, unterzogen, um zu constatiren, ob diese Anstalt den sanitären Anforderungen entspricht, und ob dieselbe die erforderliche Leistungsfähigkeit besitzt.

Hiebei wurde in Gegenwart der Commission die ganze Procedur der Verarbeitung mit zwei Pferdeätern durchgeführt, wovon das eine als verseucht, das zweite als nicht verseucht der Anstalt übergeben worden war und wurde laut dem ämtlichen Protokolle Nachstehendes constatirt.

1. Vorgang mit dem verseuchten Pferde. Das Pferd wurde auf dem Wagen bis zu dem Locale, wo die Verarbeitung seuchenkranker Thiere stattfindet, mittelst des Krahnens gehoben und auf einer Eisenbahn in

das Seuchenlocale gebracht. Dort wurde das Pferd auf den Secirraum niedergelassen und sammt der Haut in einzelne grosse Stücke zertheilt und zerhackt, welche mittelst Gabeln in den grossen Digestor gebracht wurden. Diese ganze Manipulation dauerte  $\frac{1}{4}$  Stunde.

Der grosse Digestor hat einen Fleischfüllungsraum von 8 bis 10 Mtr.-Ctr. Nun wurde eine geringe Quantität Wasser eingelassen, dessen Höhenstand im Wasserstandsglase sichtbar war. Weiters wurde Dampf eingelassen bis auf 3 Atmosphären Druck und es begann das Kochen, welches durch  $2\frac{1}{2}$  Stunden andauerte.

Später wurde Wasser und Fett abgelassen und in einem Bottich behufs Klärung des Fettes angesammelt, dann liess man den Kessel durch Einlassen von Wasser abkühlen, es wurde das weitere flüssige Leimwasser unten abgelassen und nach Sperrung der Ausflussöffnung  $1\frac{1}{2}$  Atmosphären Druck trockener Dampf zum Austrocknen und Comprimiren eingelassen und später der Digestor vorne bei der Entleerungsklappe (beim unteren Mannloche) geöffnet.

Mittelst eiserner Krücken wurde die fest-weiche Masse, bestehend aus dem gekochten, grösstentheils kleinzerfaserten Fleisch sammt den Knochen herausbefördert, wobei die letzteren möglichst von den Weichtheilen gesondert in eine Kiste geworfen wurden.

Es zeigten sich die Knochen vollkommen entfettet und ihres Knochenleimes beraubt, derart, dass sich selbst die grossen Röhrenknochen in einzelne Stücke mit Leichtigkeit zerschlagen liessen. Von den Häuten und Eingeweiden war nur das unzerstörbare Gerüste vorhanden, nur an den grossen massiven Röhrenknochen hingen einzelne verkochte Fleischklumpen an.

Das herausgeförderte Fleisch und die Knochen kamen in eiserne Truhen, welche auf Rollen mittelst Eisenbahn zum Darrelocale geführt wurden, um dort sogleich auf die Darre (mittelst Flaschenzug) aufgezogen zu werden.

Bei dem Ablassen des Fettes und Wassers durch den etwa in der Mitte des Digestors angebrachten Hahn zeigte sich der Uebelstand, dass die Ausflussöffnung im Innern verlegt wurde, so dass theilweise das Ausfliessen unterbrochen war, es ist dieses Hinderniss bedingt durch die mit den Haaren in innigen Zusammenhang stehende Oberhaut, welche durch das Kochen nie zerstört werden kann. Dieses Hinderniss ist zeitweilig unvermeidlich und muss auf mechanischem Wege beseitigt werden.

Die Reinigung des erhöhten Platzes (Secirraum), wo das Thier zerlegt wurde, geschah mittelst aus einem Doppelarm herausströmendem heissen Wasserdampfe, bei einem Drucke von 4 Atmosphären, und zwar mittelst Drehen desselben, um jedes Contagium, welches herausfliessenden Cadavertheilen anhaften könnte, zu zerstören.

Sämmtlicher Mist, Blut etc. wurde in den Digestor gebracht.

2. Beschreibung des Vorganges mit dem nicht verseuchten Thiere. Ein nicht verseuchtes Pferd wurde mittelst des Wagens zum seitwärts stehenden Sectionslocale gebracht, mit einem Flaschenzug gehoben und über den Rollkahn und Zuhilfenahme des Flaschenzuges bis in die Mitte des Sectionslocales transportirt.

Dort wurde das Thier auf die Erde gelassen und vorschriftsmässig abgeledert, wobei die Leute eine grosse Gewandtheit verriethen. Die Ablederung dauerte etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde. Dann wurde das Pferd zerlegt, das Fleisch und die Eingeweide kamen in einen Bottich, der Mist wurde in die Düngergrube geschafft, welche innerhalb der Einfriedung, vollkommen cementirt, sich befindet und mit gut schliessendem Deckel versehen ist.

Darauf wurden die Knochen zerhackt. Das Fleisch und die Eingeweide kamen mittelst eines Rollwagens in den Digestor im Nichtseuchenlocale, die Knochen wurden in die Knochenbrechmaschine gebracht, dort neuerdings gebrochen und auch in den Digestor zu dem Fleische befördert. Dann wurde Wasser und zwar in einer Höhe bis zur Ueberdeckung des Bodens des Digestors eingelassen und dann die Oeffnung für den Dampf aufgemacht, so lange, bis der Druck von 3 Atmosphären erreicht war.

Es begann das Kochen, welches 2 Stunden anhielt. Es wurde nun Wasser eingelassen, um die Masse abzukühlen und das Fett zur Ausscheidung zu bringen.

Darauf folgte die Abziehung des nur mit wenig Fett gemischten Wassers, weiters das Oeffnen des Hahnes nach unten um das Wasser ganz abzulassen, wonach  $1\frac{1}{2}$  Atmosphären Druck Dampf eingelassen wurde, um die Masse zu comprimiren und möglichst zu trocknen.

Nun wurde des Digestor vorne geöffnet und die gebrochenen Knochen sammt gekochtem Fleische kamen mittelst eiserner Krücken zur Herausbeförderung.

Es trat eine Sortirung der Knochen und Fleischtheile in zwei verschiedenen Kasten sogleich ein; die Knochen zeigten sich vollkommen entfettet und liessen sich leicht brechen. Alles was herausbefördert wurde, kam in den Rollwagen sogleich zur Darre und wurde hinaufgezogen.

Die Darre war geheizt, das Dörren selbst dauerte 10 Stunden, worauf erst das Zerstampfen der Knochen auf einer Stampfmühle, das Trennen des feinen trockenen Knochenmehles stattfindet.

Die vollkommen getrockneten Fleischtheile wurden auf der Mühle in Fleischmehl verarbeitet.

Die Dauer der ganzen Procedur nahm 4 Stunden von dem Momente der Füllung bis zur Entleerung des Digestors in Anspruch.

Die Leistungsfähigkeit der Seuchenanstalt stellt sich daher folgendermaassen heraus:

Bei einmaliger Füllung nehmen die im Seuchenlocale befindlichen zwei grossen Digestoren

à circa  $16\frac{1}{2}$  Centner = 33 Zollcentner

ein kleinerer Digestor = 3 „

Zusammen 36 Zollcentner

Materiale auf, welche Füllung als eine normale bezeichnet werden kann.

In der Zeit von 24 Stunden kann daher leicht eine fünfmalige und im eventuellen Falle bei erhöhter Arbeit auch eine sechsmalige Füllung vorgenommen werden, wodurch im ersten Falle 180, im letzten Falle 216 Zollcentner der Verarbeitung zugeführt werden könnten.

Wird im Durchschnitte auf ein verseuchtes Rind das Gewicht mit 6 Zollcentner angenommen, so kann bei

höchster Arbeitsthätigkeit ein Seuchenmateriale von 36 Rindern und, wenn bei Pferden das Durchschnittsgewicht mit 5 Zollcentner angenommen wird, ein Materiale von 44 Pferden verarbeitet werden.

Das Resultat der bei der Collaudirung vorgenommenen Prüfung der Apparate zeigte daher nicht nur einen vollkommen befriedigenden Zustand der constructiven Verhältnisse der Apparate, sondern auch voraussichtlich in Fällen einer gesteigerten Inanspruchnahme die Zulänglichkeit derselben.

Der zur Aeusserung aufgeforderte Herr Regierungsrath und Director des k. k. Thierarznei-Institutes Professor Müller gibt folgende Meinung ab:

„Man muss es im Allgemeinen in veterinärpolizeilicher Rücksicht als einen grossen Fortschritt bezeichnen, dass die Commune Wien eine Anstalt herstellen liess, welche nicht nur als eine einzige ihrer Art in Oesterreich-Ungarn dasteht, sondern auch als ein Muster bezeichnet werden kann, wie ähnliche Anstalten, in der Nähe grosser Städte namentlich, errichtet werden sollen. . . .

. . Es erübrigt gegenwärtig nur die Vorsorge, dass die Thierabfälle und Aeser auf eine sicherstellende Weise bis zu den neuerrichteten Gebäuden gebracht werden. Wenn die in den Localen selbst angeordneten Maassnahmen vollführt werden, so kann man mit aller Beruhigung die Zuversicht aussprechen, dass Alles geschehen ist, was zur Seuchentilgung bezüglich der Thiercadaver nothwendig erscheint. Durch die Errichtung dieser Anstalt hat die Commune Wien auch der Durchführungs-Verordnung vom 29. Februar 1880 ddo. 12. April 1880 entsprochen, wonach die unschädliche Beseitigung der Cadaver der an einer ansteckenden Krankheit leidend gewesenen Thiere in erster Linie auf thermochemischem Wege erfolgen soll und man kann es nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft aussprechen, dass die zähesten Ansteckungsstoffe, wenn sie einer Temperatur von  $143^{\circ}$  Celsius bei 3 Atmosphären Druck durch 3 Stunden ausgesetzt sind, vollkommen vernichtet sein müssen.“

In demselben Sinne lautet die Aeusserung des Herrn Bezirksarztes.

Die Herren Vertreter des k. k. Militär-Aerars gaben übereinstimmend folgende Erklärung ab: „Bei instructionsgemäsem Betriebe dieses Etablissements ergeben sich keinerlei sanitäre Bedenken gegen die eventuelle Wiederbelegung des Ortes Kaiser-Ebersdorf mit Garnison.“

Für diese Anstalt ist übrigens von der k. k. Bezirkshauptmannschaft in Bruck an der Leitha auch bereits der Betriebs-Consens in Nachstehendem ertheilt worden.

„Die am 23. October, dann am 20. und 21. November 1882 vorgenommene commissionelle Collaudirung der neuen Wasenmeisterei nächst Kaiser-Ebersdorf, bei welcher Gelegenheit zwei Pferdeäeser auf thermochemischem Wege verarbeitet worden, haben ergeben, dass diese Betriebsanlage zur Verarbeitung aller Aeser, sowohl seuchenfrier als auch verseuchter, auf thermochemischem Wege, nicht nur den Bestimmungen des Erlasses des hohen k. k. Ministeriums des Innern vom 15. März 1879, sowie der hierämtlichen Erlässe vom 25. Februar und 12. März 1880

und den früheren diesbezüglichen Erlässen entspricht, sondern auch was die Maschineneinrichtung, die aufgestellten Apparate, deren Leistungsfähigkeit und gegenwärtige Handhabung anbelangt, den an eine solche Anstalt zu stellenden Anforderungen vollkommen gerecht wird.

Es wird daher dem löblichen Magistrate der Consens zur Benützung und zum Betriebe des Etablissements unter genauer Einhaltung nachfolgender in den diesbezüglichen Erlässen noch nicht angeführten Bedingungen erteilt:

1. Der bestehende Sectionsraum in dem Digestorenraume für verseuchte Aeser, welche in einer schiefen Ebene gegen das Locale geneigt ist, ist dahin abzuändern, dass derselbe eine muldenartige Vertiefung erhält, wobei ein Abfließen von Blut und Blutwasser dadurch vermieden wird, dass die Randsteine um circa 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll erhöht werden; in der Mitte dieses Raumes in seiner tiefsten Stelle ist ein Doppelgefäß einzuhängen, von welchen das innere im Fassungsraume von wenigstens 15 Liter zum Ausheben eingerichtet ist; die Ueberdeckung dieses Gefäßes hat mittelst eines Gitters zu geschehen.

2. In der Darre ist die Stiege mit einem Doppelgeländer zu versehen und es sind die Aufzugsöffnungen mittelst umlegbarer Geländer zu schützen.

3. Die kleine zum Fleischtransporte bestimmten Eisenbahnwaggon, aus deren Seitenwänden dermalen Flüssigkeit herausrinnt, sind mit Blecheinsätzen wasserdicht herzustellen.

4. Die Dauer der Verdampfung in den Seuchendigestoren ist bei einem Drucke von drei Atmosphären ( $143^{\circ}$  Celsius) auf 3 Stunden festzusetzen.

5. Es darf nur von seuchenfreien Aesern der Magen- und Darminhalt in die Senkgrube entleert werden; der Inhalt der Letzteren ist in kurzen Zwischenräumen auf das bei der Wasenmeisterei liegende freie Feld zu verführen.

6. Zur Sicherung der Gesundheit der in dem Seuchenraume beschäftigten Arbeiter, sowie von der Weiterverbreitung von Infectionstoffen durch Letztere, ist nachfolgendes Verfahren genau zu beobachten:

a) Die Arbeiter haben vor der jedesmaligen Arbeit in dem neben dem jeweiligen Arbeitslocale befindlichen kleinen Toilettraume ihre Kleider vollständig zu wechseln, und zwar haben dieselben eine eigene aus waschbarem Stoffe angefertigte Kleidung anzuziehen.

b) Nach vollendeter Arbeit haben dieselben in dem Toiletterraume ihren Anzug auszuziehen, ihre Hände hierauf zuerst in einer Sublimatlösung von 1 : 3000, und dann mit Schmierseife gehörig zu waschen, darauf das Locale sogleich zu verlassen.

7. Der Arbeitsanzug ist von Zeit zu Zeit in der Weise zu reinigen, dass derselbe zuerst in eine Sublimatlösung (von 1 : 3000) getaucht, hierauf durch längere Zeit in Lauge gekocht und an der Luft im Freien getrocknet wird.

8. Die Desinfection hat mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der zu desinficirenden Stoffe und Geräthe und mit Rücksicht auf das Resultat der diesbezüglichen neuesten exacten Forschungen in mehrfacher Weise zu geschehen, und zwar:

a) Das Sudlocale für verseuchte Aeser, resp. die Fläche, auf welcher das Aas zertheilt wird, ist wie bisher mit einem bei 4 Atmosphären überhitztem Wasserdampf durch einen Zeitraum von 5 Minuten überströmen zu lassen.

b) Aus dem Sudlocale für verseuchte Aeser ist das bei der Zertheilung ausfließende Blut und sonstige Abfallflüssigkeit nicht direct in die Canaleinmündung einzulassen, sondern wie oben sub 1 schon bestimmt, in einem Gefässe aufzufangen, mit einer Sublimatlösung 1 : 3000 zu desinficiren, und dann erst dem Canale, dessen Einmündung unterdessen mit einem Deckel verschlossen war, zuzuführen, oder undesinficirt in den Digestor hineinzuschütten.

c) Die Desinfection der Arbeitsräumlichkeiten, der Transportwägen, und der im Seuchenraume gebrauchten Geräthschaften hat täglich mit einer Sublimatlösung von 1 : 3000 in der Weise zu geschehen, dass die Fußböden und Räumlichkeiten, der Boden und die inneren Wände der Wägen, ferner die Geräthe mit dieser Lösung gehörig angespritzt, und dann mit Wasser abgespült werden.

Da das Sublimat ein ätzend wirkendes Quecksilberpräparat ist, so muss bemerkt werden, dass dasselbe in der zur Desinficirung beanspruchten, und auch wirksam befundenen Verdünnung von 1 : 3000 bei der äusserlichen Benützung dem Menschen vollkommen unschädlich ist. Aus besonderer Vorsicht wird jedoch angeordnet, dass der Pächter der Wasenmeisterei als verantwortlicher Leiter der Letzteren mit einer speciellen Giftlicenz für Sublimat ausgestattet, immer ein Quantum von circa 500<sup>gr</sup> Sublimat im Vorrath habe, und dasselbe unter Schloss und Riegel halte; dass derselbe ferner ein offenes Gefäß von einem Hectoliter mit Wasser gefüllt halte, und in dasselbe bei jedesmaliger Wasserfüllung 3<sup>tes</sup> Sublimat zusetze.

d) Die Hofräumlichkeiten der Wasenmeisterei sind zweimal wöchentlich durch Aufstreuen von Chlorkalk nicht so sehr zu desinficiren, als zu desodoriren, es sind daher stets genügende Quantitäten Chlorkalk vorrätig zu halten.

e) Der am tiefsten Punkte des Canales im Hofraume angebrachte Filterapparat ist täglich mit frischem ungelöschtem Kalk zu beschicken.

In dieser Fabrik werden aus den Aesern derzeit folgende Producte gewonnen:

1. Die Häute von allen nicht verseuchten Thieräusern.
2. Rosshaare von eben solchen Thieren.
3. Die Hufe, Klauen und Hörner nichtverseuchter Thieräuser.
4. Fettpräparate, Kamm- respective Pferdefett, Seifensiedereifett.
5. Knochenschrott in drei verschiedenen Grössen.
6. Aufgeschlossenes stickstoffreiches Knochenmehl.
7. Fleischmehl, wobei letztere zwei Producte als Düngermehl ihre Verwendung finden.

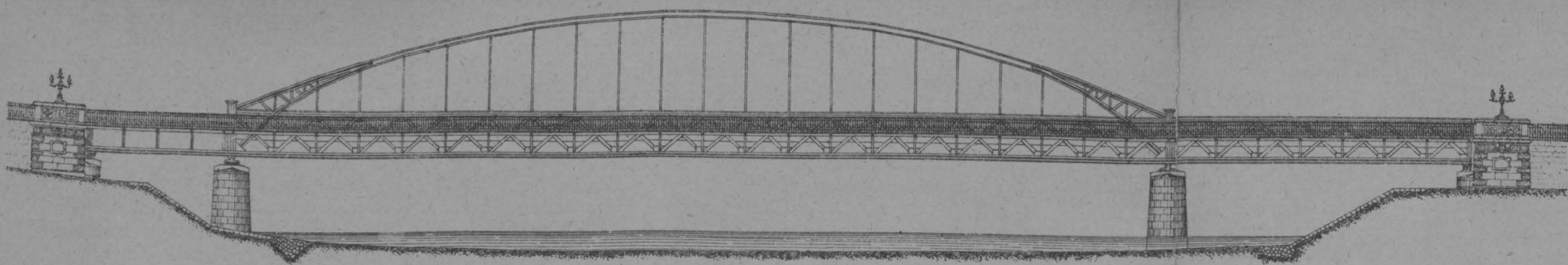
Ein weiteres Product kann übrigens noch die Erzeugung von Leim bilden, in welcher Hinsicht jedoch vorläufig eine Einrichtung zur Gewinnung desselben nicht besteht; es unterliegt jedoch keiner Schwierigkeit die Anstalt in dieser Richtung zu ergänzen, und wurde auch bei der Armirung der Apparate hierauf bereits Rücksicht genommen.



Ansicht

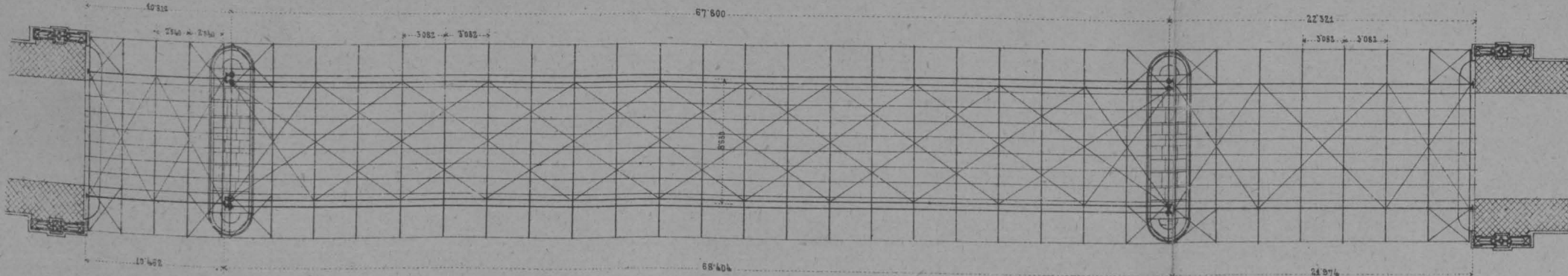
# DIE NEUE MURBRÜCKE IN GRAZ.

Querschnitte des Bogens



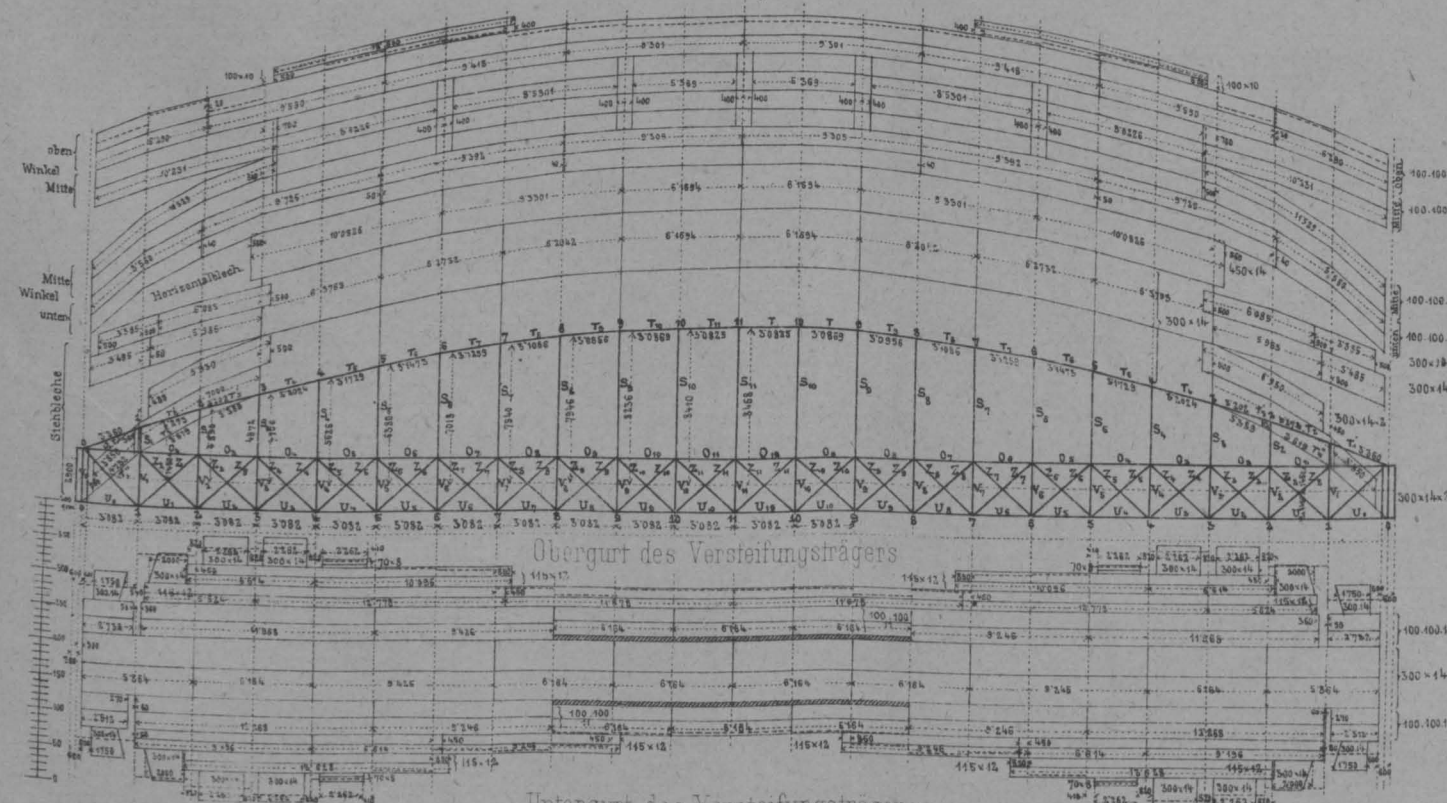
1:400

Grundriss



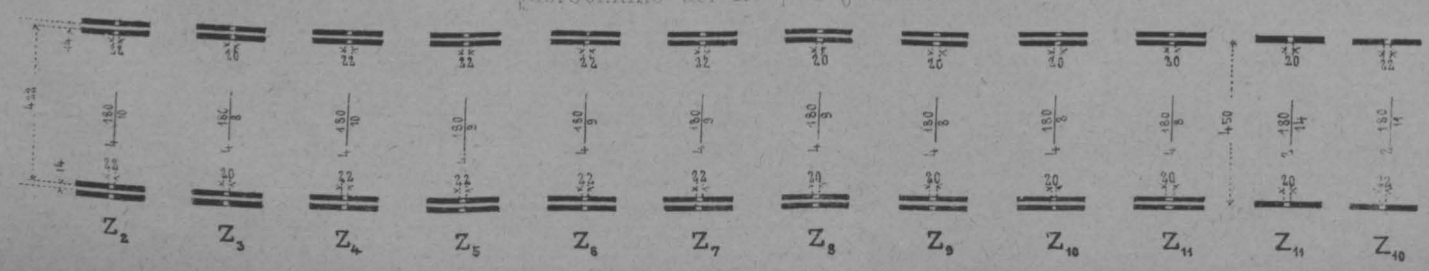
Materialvertheilung

Der Bogen.

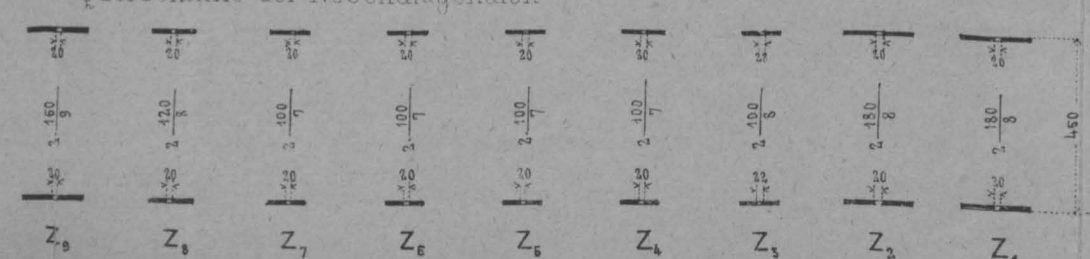


Untergurt des Versteifungsträgers

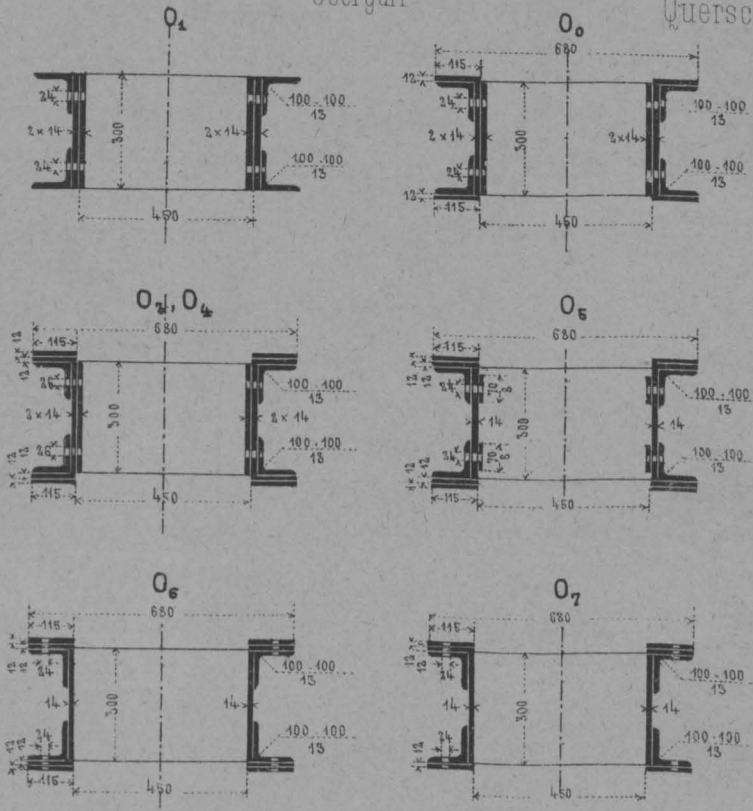
Querschnitte der Hauptdiagonalen



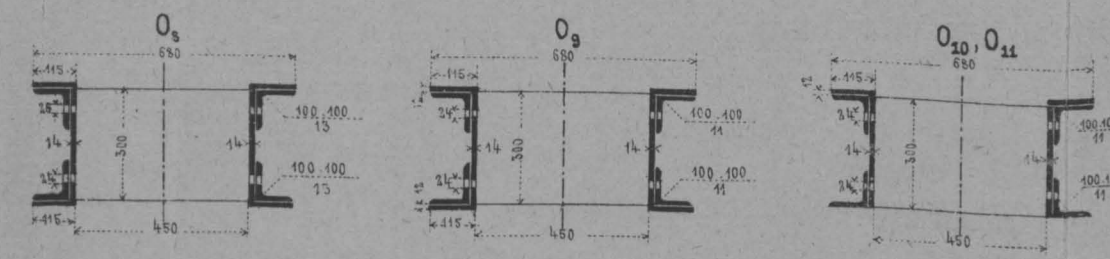
Querschnitte der Nebendiagonalen



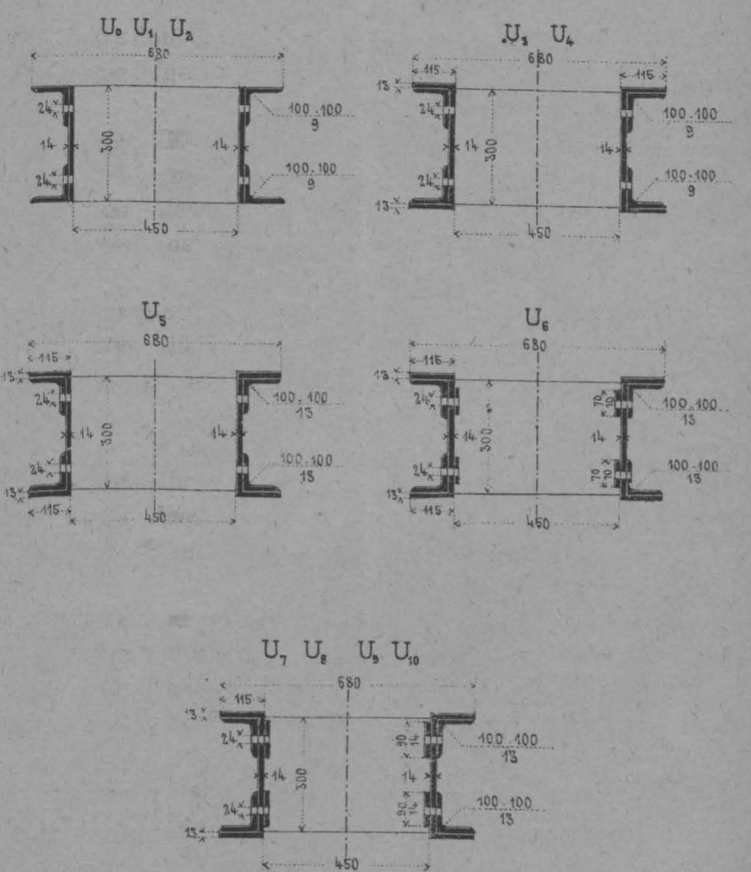
Obergurt



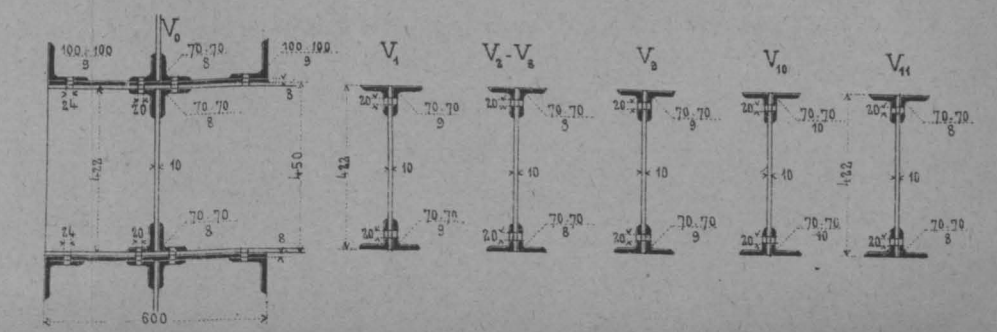
Querschnitte des Versteifungsbalkens



Untergurt



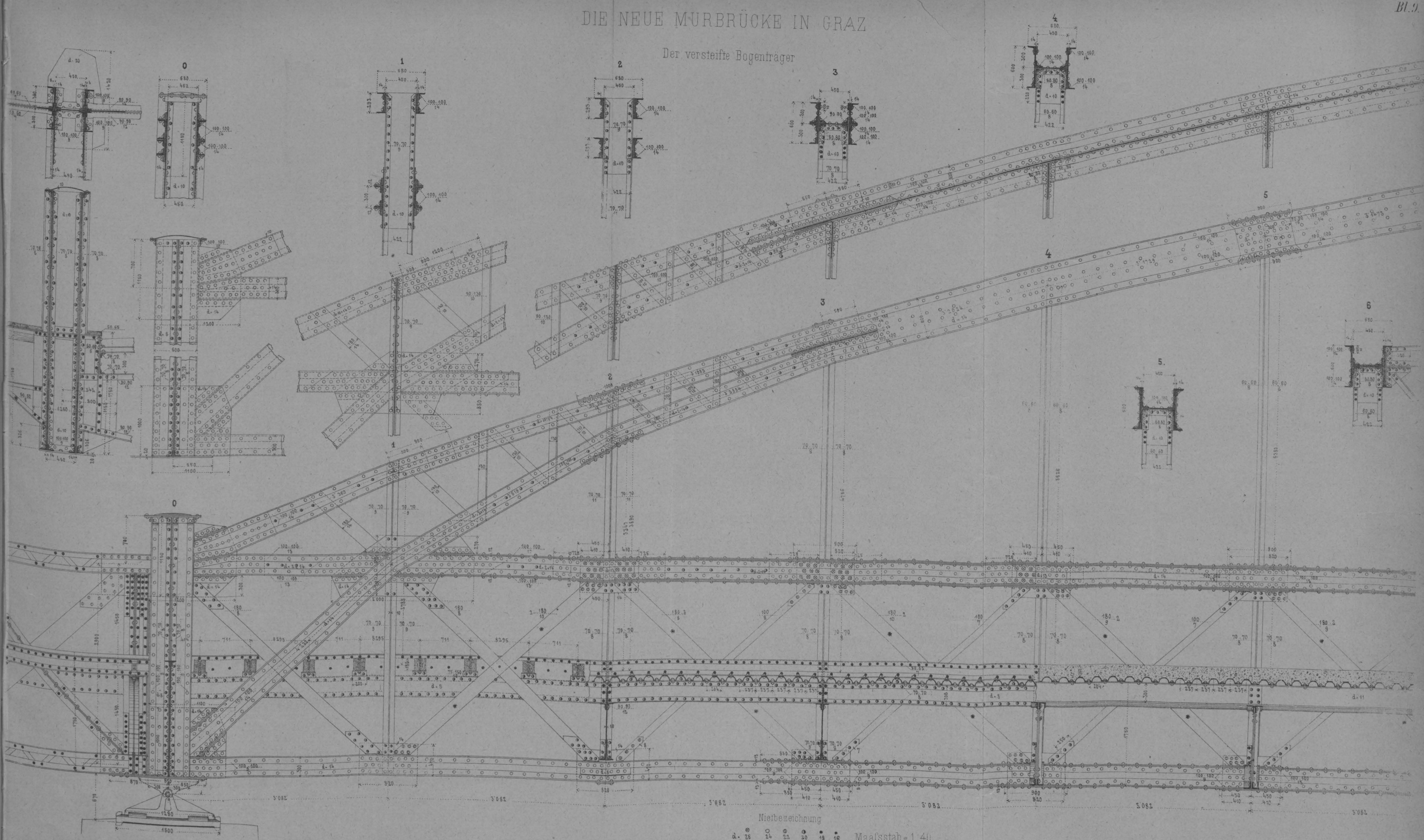
Querschnitte der Vertikalen





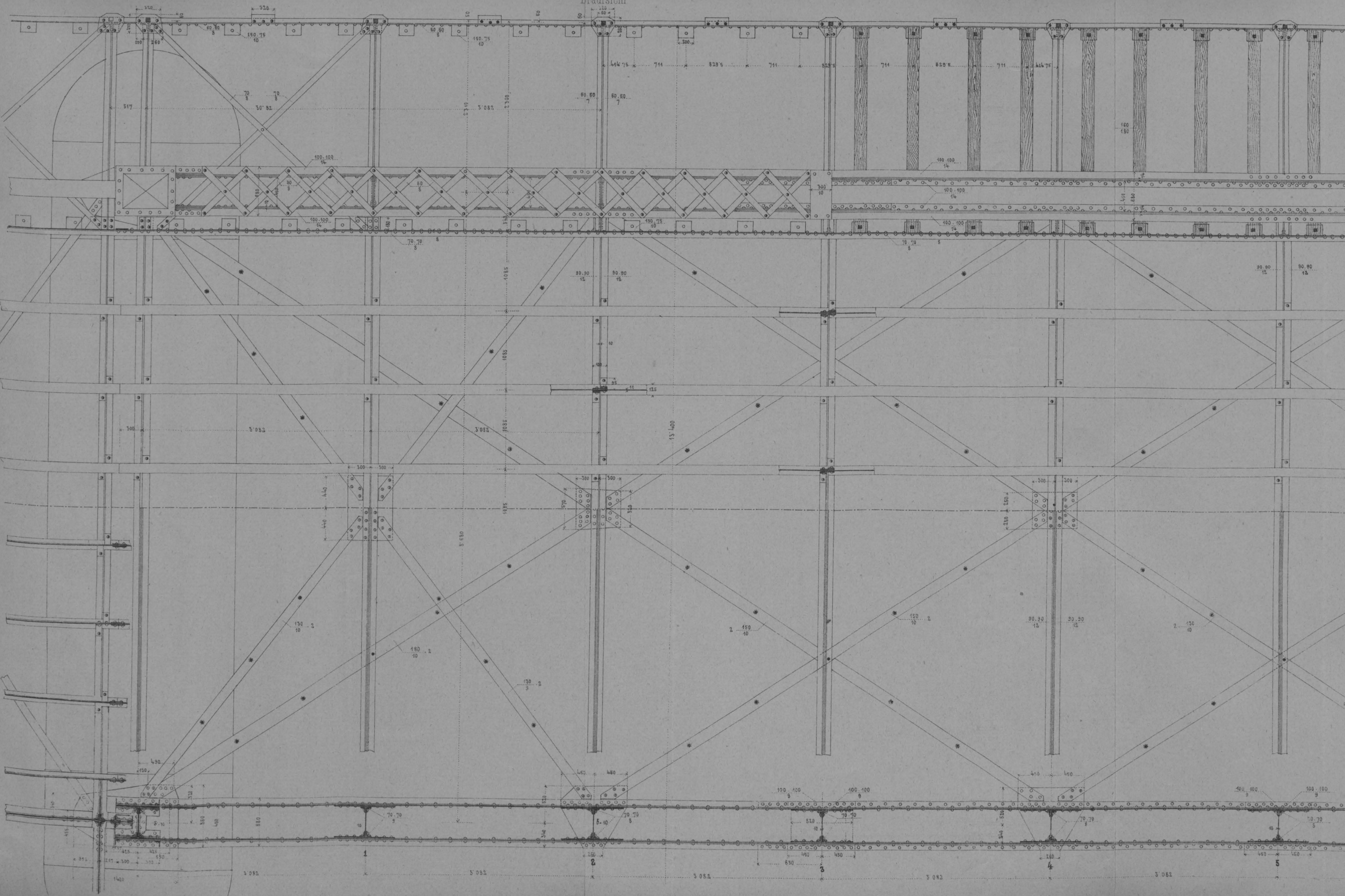
# DIE NEUE MURRÜCKE IN GRAZ

Der versteifte Bogenträger

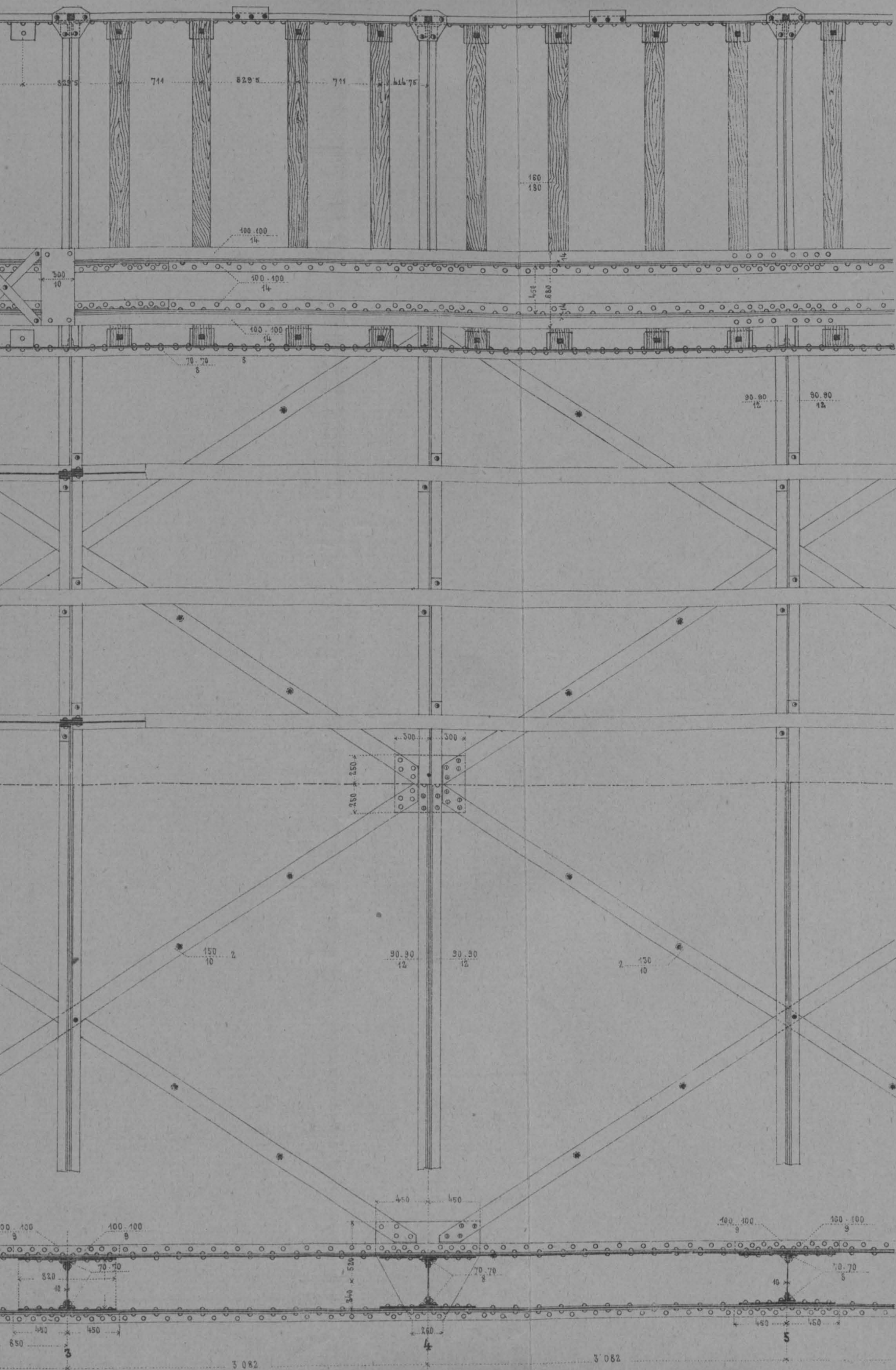


Niederbezeichnung  
 a. 26 24 22 20 18 16 Maßstab = 1:40

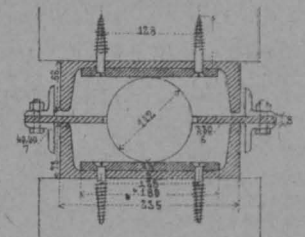
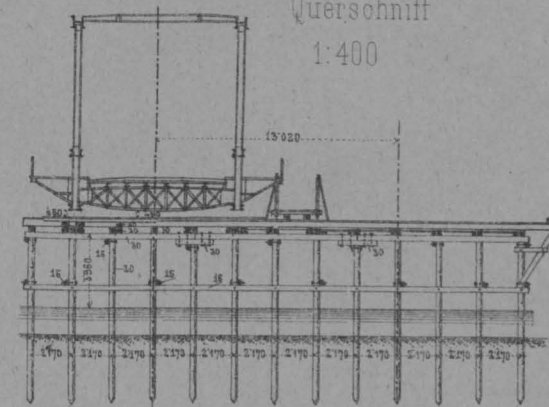
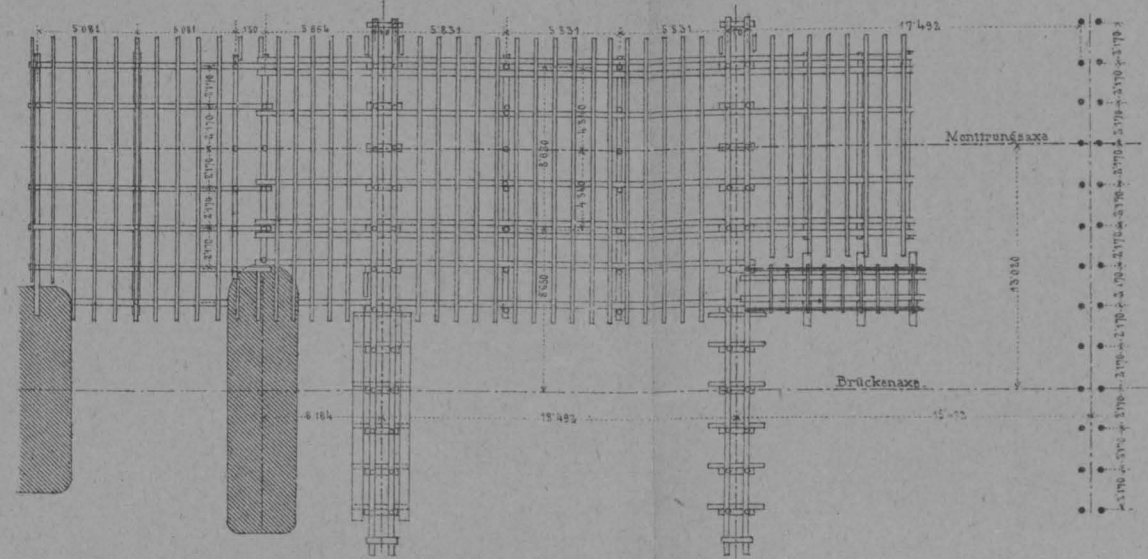
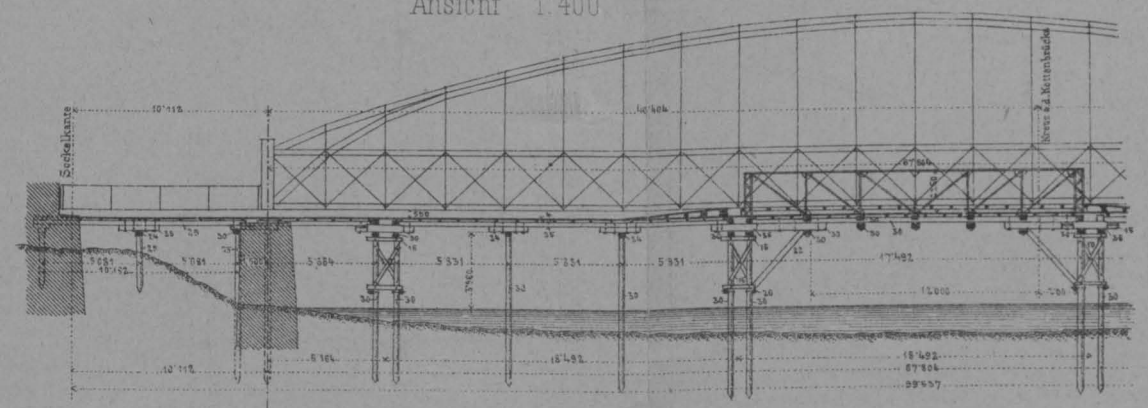




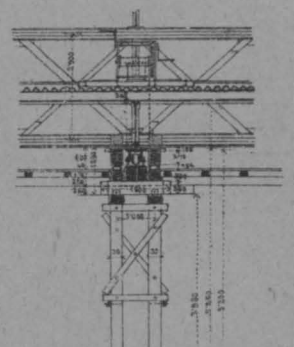
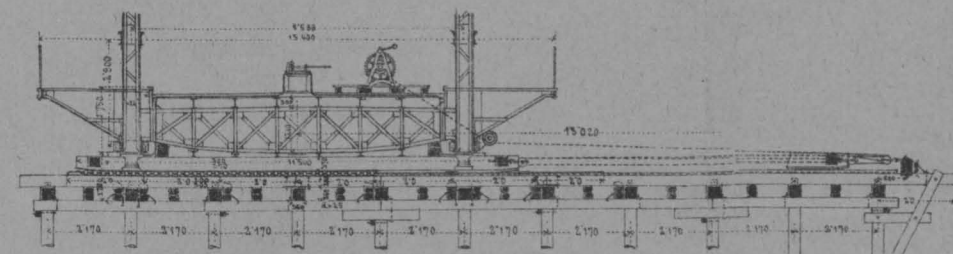




Ansicht 1:400



### Verschiebevorrichtung





# DIE NEUE MURBRÜCKE IN GRAZ

Knotenpunkt 10

Querschnitt des versteiften Bogenträgers

1:40

Knotenpunkt 6

Anschluss der Gitterbrücke

1:40

Anschluss der Blechbrücke

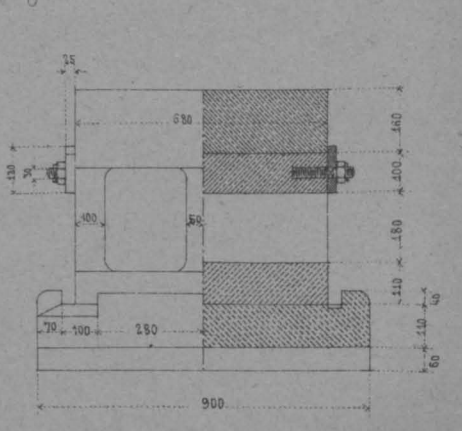
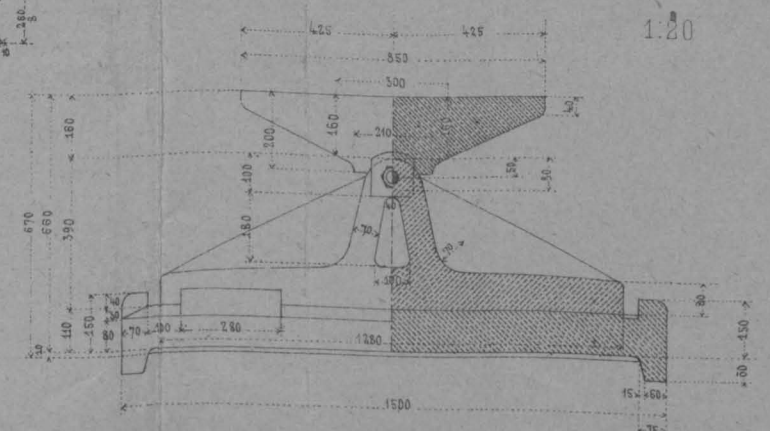
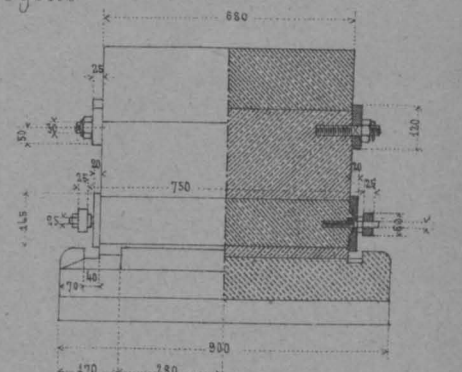
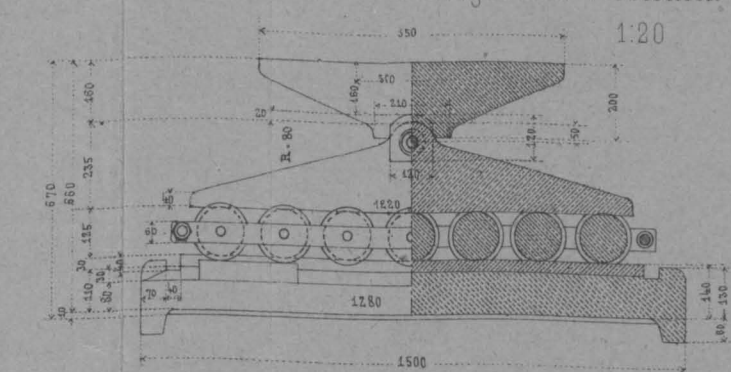
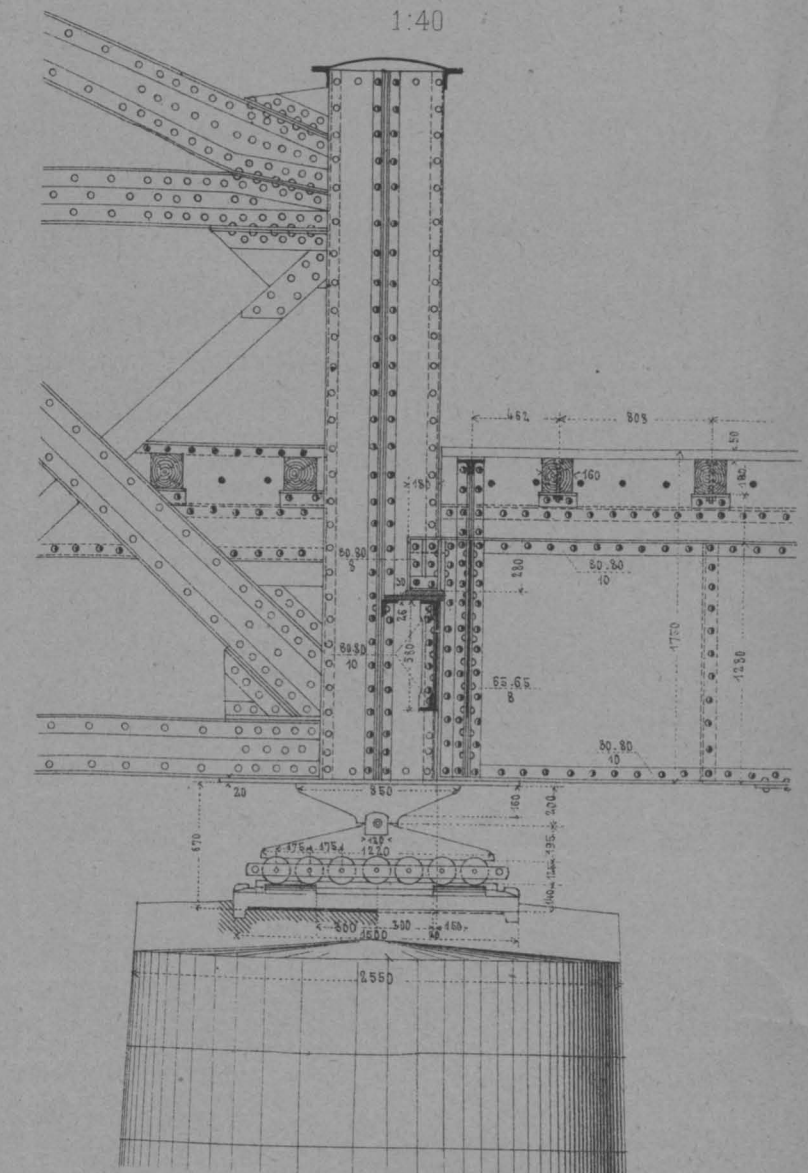
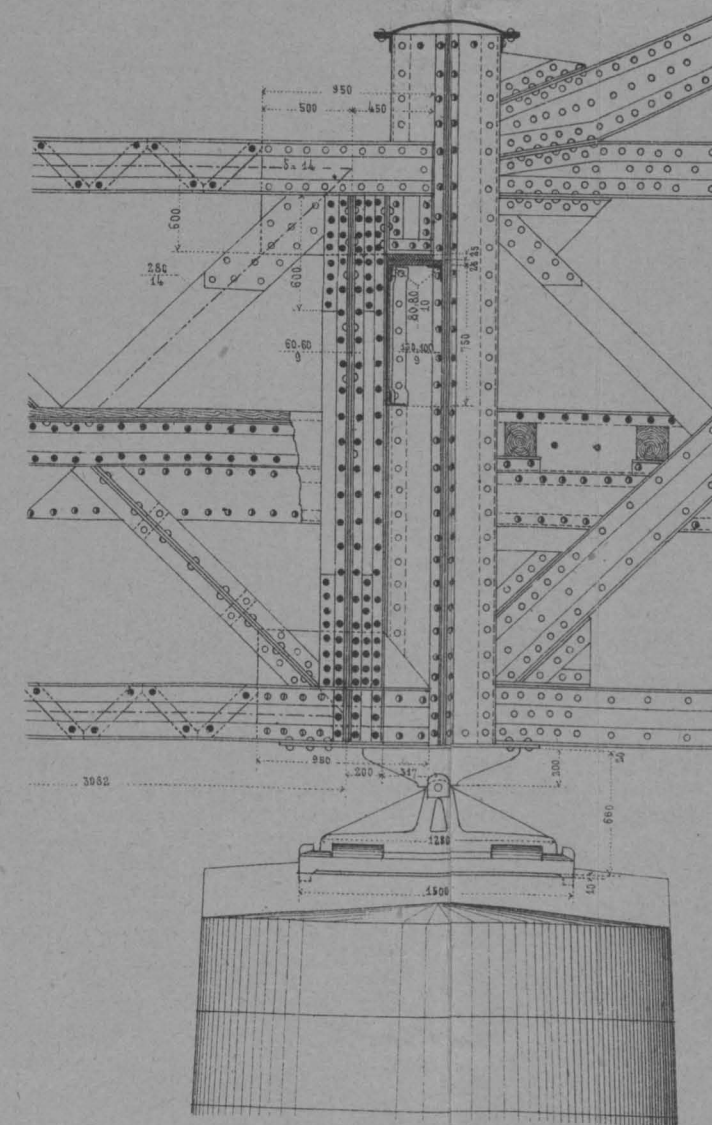
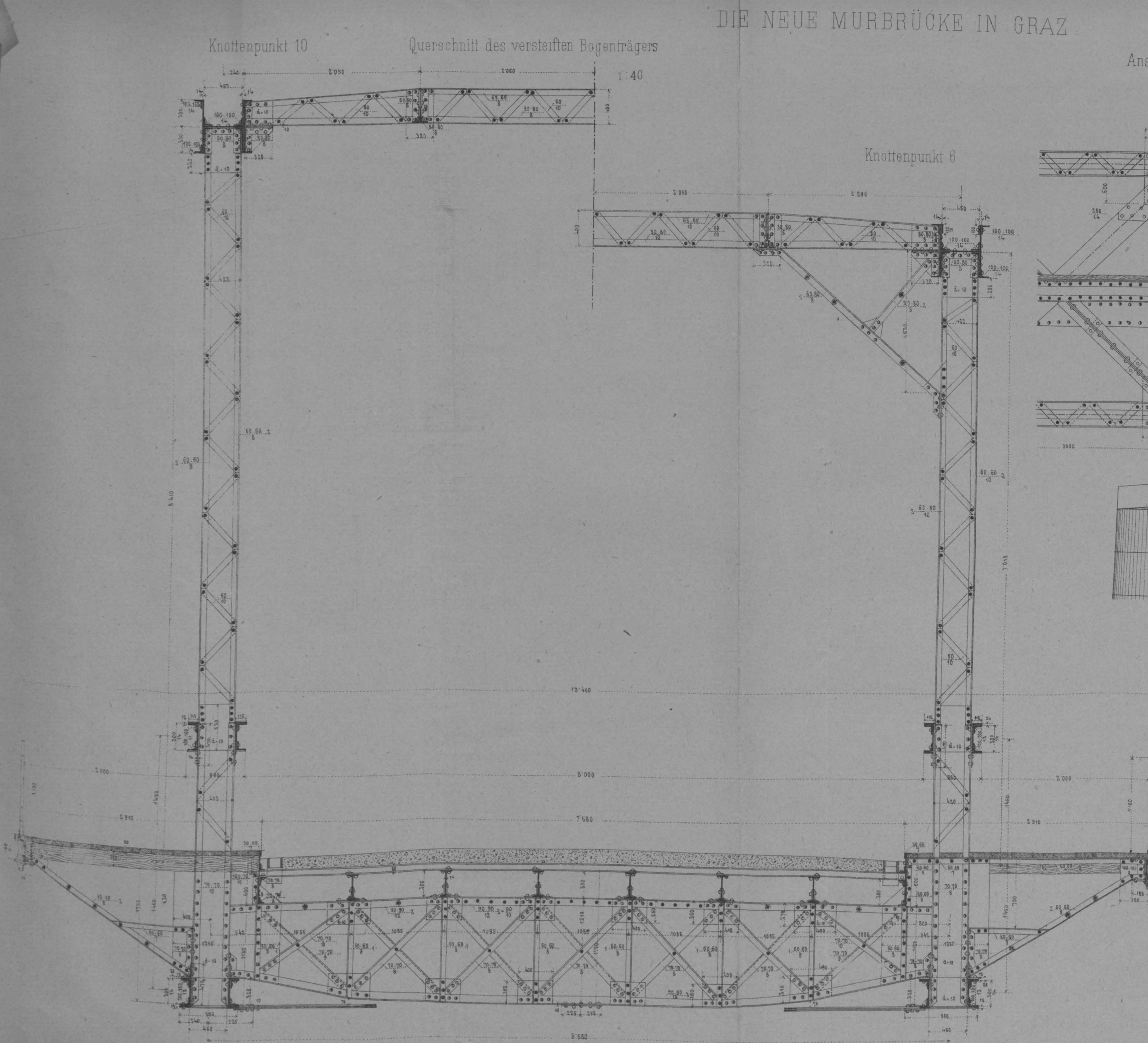
1:40

Rolllager des versteiften Bogens

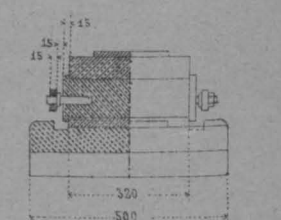
1:20

Festes Lager des versteiften Bogens

1:20



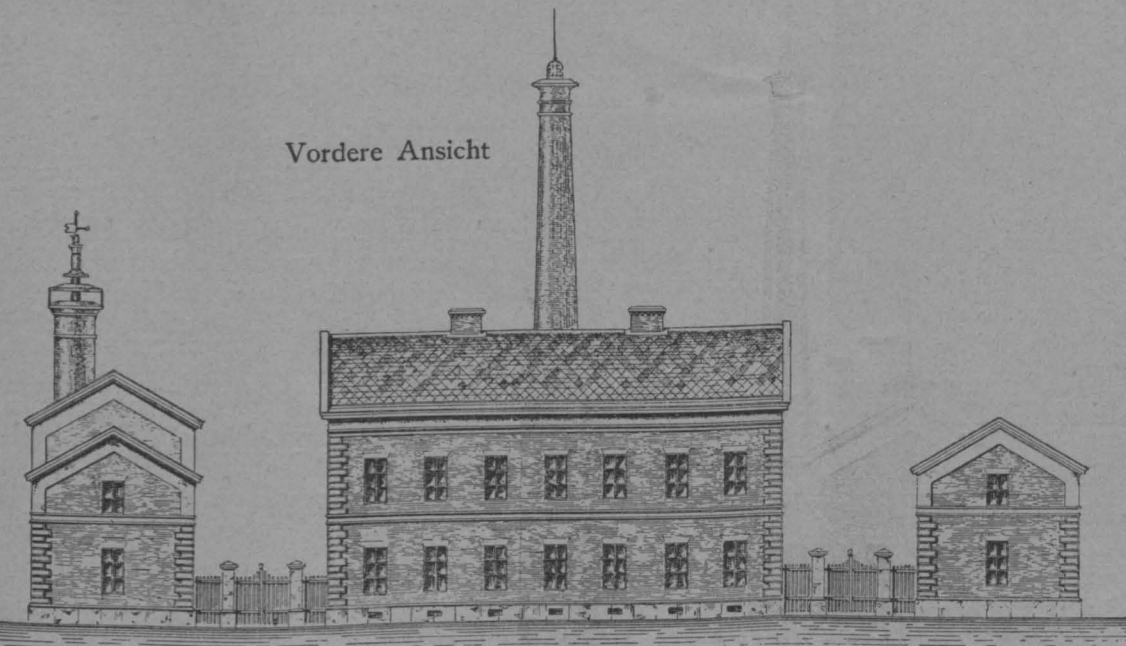




*Lith. u. Druck v. R. Swine & Co. ant. Anst. Wien.*



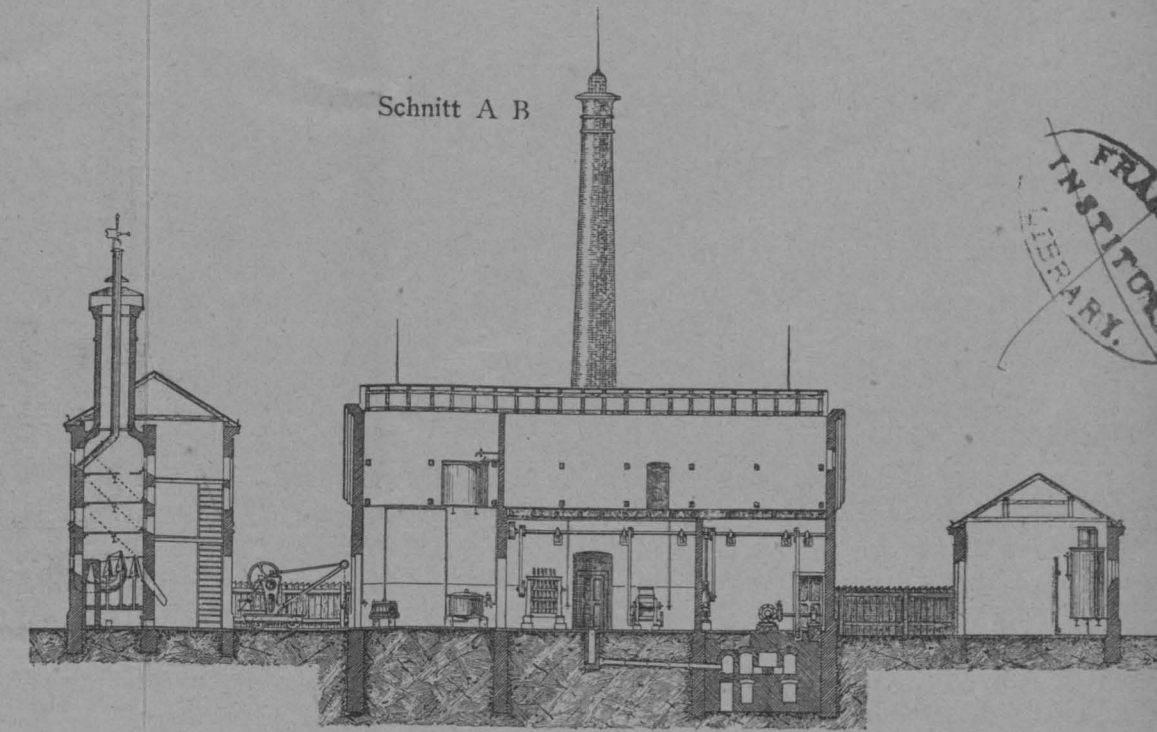
Vordere Ansicht



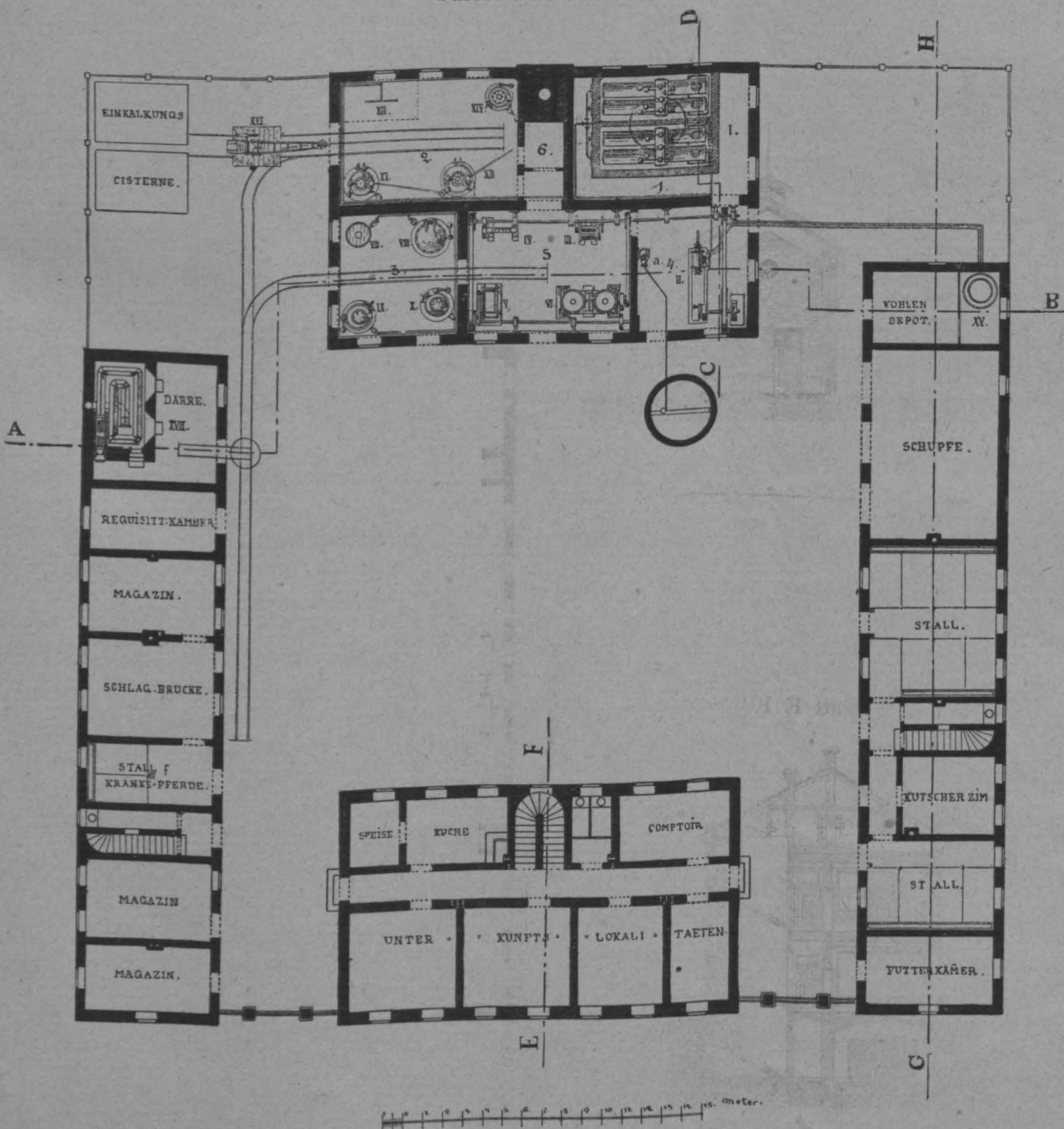
Seitenansicht



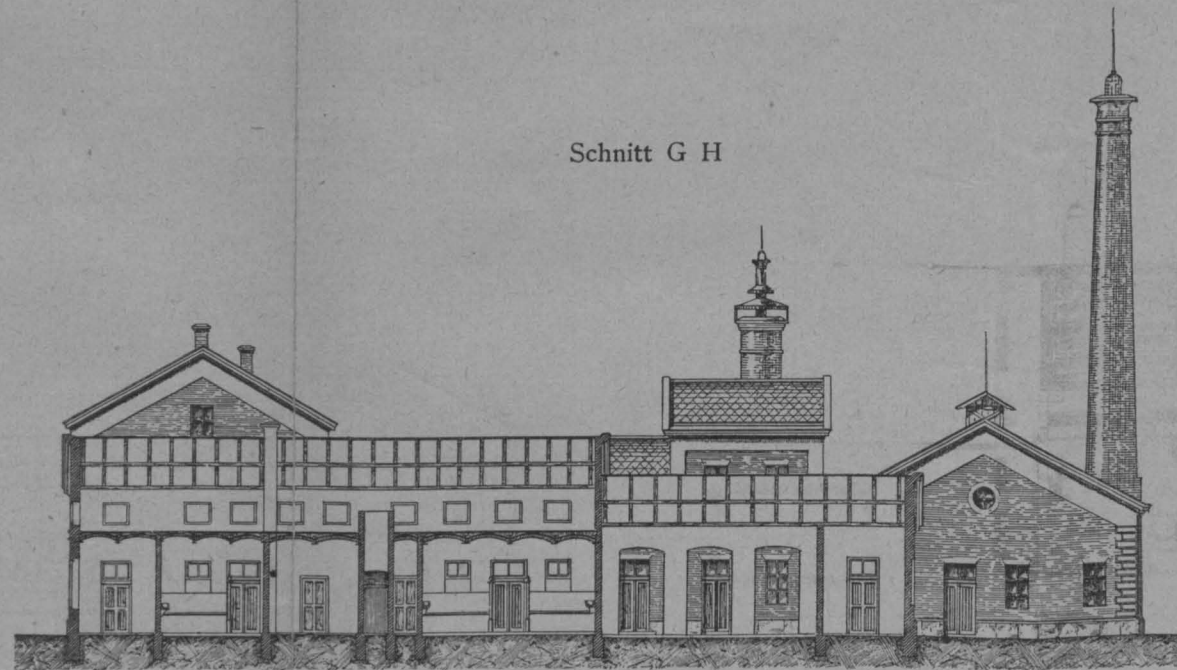
Schnitt A B



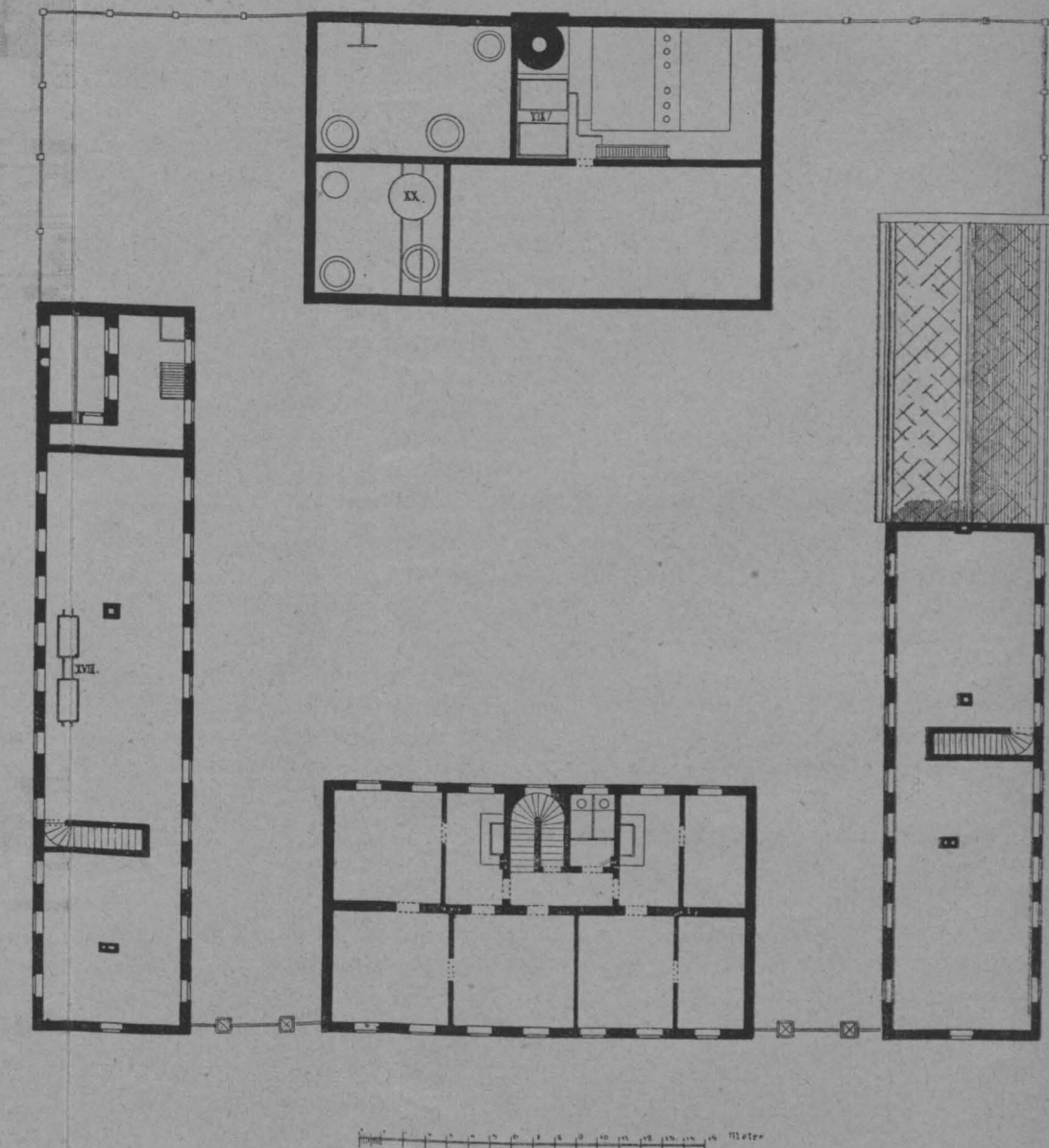
Parterre-Grundriss



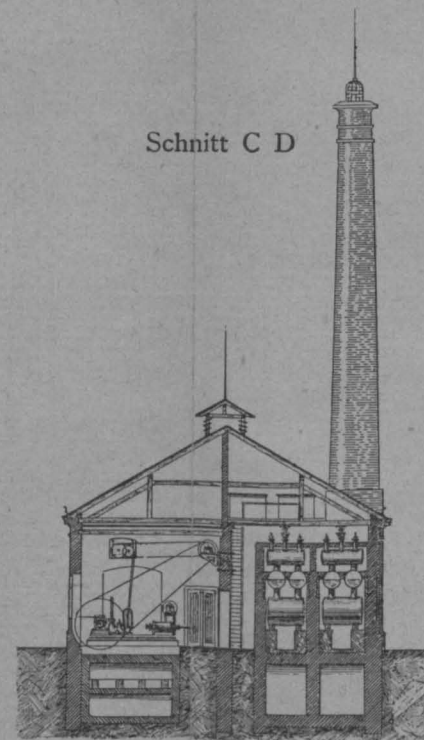
Schnitt G H



Grundriss des I. Stockes



Schnitt C D



Schnitt E F

